

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Sistema Automático de Identificação e
Colocação de Informação em Garrafas de Gás**

Ricardo Manuel Machado da Costa

Relatório de Projecto realizado no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: Prof. Dr. José Machado da Silva

Julho de 2008

© Ricardo Costa, 2008

Resumo

Este documento apresenta o trabalho desenvolvido no âmbito do projecto “SIT” da empresa “AMTROL-ALFA”. Este projecto tem por objectivo o desenvolvimento do sistema de uma linha de produção de garrafas de gás, responsável pela identificação e registo em base de dados da informação característica de cada garrafa, e pela pintura e gravação na mesma, dos dados requeridos pelos clientes. São descritas as várias etapas e definidos os equipamentos a utilizar.

Como um dos tópicos mais importantes do projecto é a identificação por radiofrequência, no capítulo dois é feita uma descrição do estado da arte desta tecnologia de identificação automática. Tem como objectivo familiarizar o leitor com este tipo de identificação automática, mostrar sumariamente em que se baseia e como funciona. É feita uma resenha histórica, são apresentados os vários sistemas RFID, e é apresentada uma explicação sobre o princípio de funcionamento de cada um deles. É também feita uma apresentação de alguns fabricantes e respectivos sistemas, com especial ênfase para o sistema adoptado, justificando-se o porquê dessa escolha.

No capítulo três é abordado de forma particular o processo de pesagem. O seu funcionamento é bastante semelhante ao das células de carga e é com base nesses dispositivos que se procede à exposição da forma como é feita a pesagem.

É ainda detalhado o protótipo desenvolvido, com a apresentação dos seus diferentes subsistemas constituintes, com especial ênfase para a programação do autómato e para o desenvolvimento do sistema de supervisão e controlo. Este protótipo contempla as três primeiras etapas do SIT e é narrado ao longo do capítulo 4. Os equipamentos utilizados no protótipo não são exactamente aqueles propostos para a solução final, pois esses não estavam disponíveis. Tendo sido adoptados equipamentos semelhantes. A antena RFID utilizada é de uma versão anterior e não possui todos os modos de funcionamento que as mais recentes possuem. A balança adoptada comunica com o autómato por RS232. Para os sistemas de gravação e de pintura não foram encontradas alternativas válidas, no entanto estes não foram desconsiderados e tudo foi feito para que sejam controlados conforme pretendido.

O capítulo cinco está reservado para a apresentação de conclusões e de possíveis desenvolvimentos futuros. Neste capítulo é comentado o trabalho realizado e são descritas alterações que futuramente poderão ser feitas para tornar o SIT mais produtivo e eficiente.

Abstract

This document introduces the work developed under one of the AMTROL-ALFA projects. The objective of this project is to develop one bottle gas production line, responsible for the bottles identification, for saving in a database the information related to them, and for print in the bottles the information required by clients. The document also presents the steps of the SIT and the utilized equipment.

As one of the most important topics of the project is radio frequency identification, the chapter two makes a description of the state of art of this automatic identification technology. The objective is familiarize the reader with this kind of automatic identification, summarily describe where is based and how it works. A history description is made and the RFID systems are introduced and explained. Some manufactures are also presented with special emphasis to the one adopted, and that choice is justified.

In the chapter three, the weight process is presented in a particular way. Its operation principle is quite similar to the one of the load cells.

Is also detailed the developed prototype, with the presentation of its different sub-systems, with special emphasis to the PLC programming and to the supervisor and control system. This prototype, presented in the chapter four, contemplates the first three steps of the SIT. The devices utilized in the prototype are not exactly the same as the devices proposed to the final solution, since these were not available. Similar devices were adopted. The utilized RFID antenna is from an older version and do not have all the function modes available in the newest versions. The weighing machine adopted communicates with the PLC by RS232. For the print systems no valid alternatives where found, nevertheless these were not disregarded and everything have been done to aloud their correct control.

Chapter five is reserved for presentation of the conclusions and possible future developments. In this chapter, the work developed is commented and all the future changes that can make the SIT more efficient and productive are described.

Agradecimentos

Os meus sinceros agradecimentos para todos os que contribuíram para o correcto desenvolvimento do projecto descrito neste relatório. Em especial ao meu orientador Prof. Dr. José Machado da Silva, e às pessoas que trabalham na AMTROL-ALFA, nomeadamente o Sr. Fernando Martins, o ENG^o Vítor Silva, o Sr. Carlos Lima, o Sr. Moisés Alvarenga, o Sr. Bruno Oliveira, o Sr. Hélder Rebelo, a ENG^a Daniela Gomes e o Sr. Ilídio.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos	xiv
Capítulo 1 - Introdução	1
1.2 Plano Geral	5
Capítulo 2 - RFID	7
2.1 Resenha Histórica.....	8
2.2 Etiquetas	10
2.2.1 Etiquetas passivas	14
2.2.2 Etiquetas activas.....	14
2.2.3 Etiquetas semi-passivas.....	15
2.3 Leitores.....	16
2.4 Middleware	17
2.5 Software.....	18
2.6 Frequência	18
2.6.1 Distância da fonte de sinal.....	18
2.6.2 Espectro	19
2.6.3 Frequência do leitor	19
2.6.4 Frequência da etiqueta para o leitor	19
2.6.5 Técnica de interacção	19
2.6.6 Regulamentos	20
2.7 Dados	20
2.7.1 Segurança	20
2.7.2 Coordenação de multi-etiquetas.....	21
2.7.3 Processamento	22

2.8	Comunicação e funcionamento.....	22
2.9	Normas.....	27
2.10	Aplicações.....	28
2.11	Conclusão	29
Capítulo 3 - Pesagem.....		31
3.1	Células de carga	31
3.2	Sistema de pesagem utilizado no protótipo.....	34
3.3	Sistema de pesagem a utilizar no SIT	36
3.4	Conclusão	37
Capítulo 4 - Protótipo		39
4.1	Constituição e funcionalidade do sistema.....	40
4.2	Autômato.....	41
4.2.1	Configuração	41
4.2.2	Programação.....	44
4.3	SCADA	62
4.3.1	Configuração	62
4.3.2	Sinóptico de interface com o utiulizador.....	67
4.3.3	Programação.....	73
4.3	Conclusão	81
Capítulo 5 - Conclusões		83
5.1	Futuros Desenvolvimentos	85
Referências		86

Lista de figuras

Figura 1.1 - Sistema de Impressão e Tareamento.	1
Figura 1.2 - Garrafa de gás.....	2
Figura 1.3 - SIT, rede de comunicação.....	3
Figura 1.4 - Sistema de elevação	4
Figura 1.5 - Sistema de fixação	5
Figura 2.1 - Sistema RFID [5].....	8
Figura 2.2 - Constituição básica de uma etiqueta	11
Figura 2.3 - Arquitectura básica do circuito integrado de uma etiqueta	11
Figura 2.5 - Mu-chip ou μ -chip, chip RFID da Hitachi.....	14
Figura 2.6 - Representação temporal dos modos de comunicação, full-duplex, half-duplex e sequencial. A informação enviada do leitor para a etiqueta é denominada downlink, enquanto a informação transferida da etiqueta para o leitor é denominada uplink.	22
Figura 2.7 - Forma como a energia do campo magnético alternado gerado pelo leitor alimenta o transponder acoplado indutivamente	23
Figura 2.8 - Modulação de carga gerada no transponder	24
Figura 2.9 - <i>Transponder</i> de acoplamento magnético.....	24
Figura 2.10 - Acoplamento capacitivo em sistemas de acoplamento magnético	25
Figura 2.11 - Etiqueta RFID da IDTek.....	30
Figura 3.6 - Extensómetro resistivo [14].....	31
Figura 3.7 - Ponte de Wheatstone	32
Figura 3.8 - Um quarto de ponte.....	33
Figura 3.10 - Ponte-completa.....	33
Figura 3.11 - Balança “Sartorius”, consola.....	34
Figura 3.12 - Janela de configuração da carta TSX SCP 111.....	35
Figura 3.9 - Esquema do sistema de pesagem. 1 - TSX XBT N410, 2 - TSX ISP Y101, 3 - Caixa de junção, 4 - Sensores de pesagem.	36
Figura 3.10 - Parâmetros de configuração do módulo de pesagem	37
Figura 4.1 - Sistema de Impressão e Tareamento.	39
Figura 4.2 - Configuração da carta TSX SCP111	42
Figura 4.3 - Ligação de rede	43
Figura 4.4 - Configuração da carta “TSX DEY16D2”	44

Figura 4.5 - Fluxograma representativo do programa desenvolvido para o autômato.....	45
Figura 4.6 - Ferramenta de Configuração do servidor OPC	63
Figura 4.7 - Configuração das variáveis	64
Figura 4.8 - Configuração da Base de Dados, definição da Lista de “logs”	65
Figura 4.9 - Configuração da Base de Dados, definição dos estados da Lista de “logs”	65
Figura 4.10 - Configuração da Base de Dados, Definição do grupo de tendências	66
Figura 4.11 - Configuração da Base de Dados, Definição da amostragem do grupo de tendências.....	66
Figura 4.12 - Sinóptico Principal no modo de desenho	68
Figura 4.13 - Configuração real da pintura.....	69
Figura 4.14 - Configuração da pintura	69
Figura 4.15 - Configuração da gravação	70
Figura 4.16 - Definição dos limites do nº de série	70
Figura 4.17 - Configuração do peso	71
Figura 4.18 - Página de alarmes.....	72
Figura 4.19 - Gráfico do peso das garrafas	72
Figura 4.20 - Gráfico do nº de série das garrafas	73
Figura 4.21 - Janela de configuração da animação “Colors Bit”	73
Figura 4.22 - Animação “Text Display”	74
Figura 4.23 - Janela de configuração da animação “Text Send”	74
Figura 4.24 - Animação “Display Register”	75
Figura 4.25 - Animação “Register Send”	75
Figura 4.26 - Configuração da animação “Bit Send”	76
Figura 4.27 - Animação “Link Open”	76
Figura 4.28 - Configuração da animação “Link Close”	77
Figura 4.29 - Sinóptico de teste	81
Figura 4.30 - Sinóptico Principal no modo de funcionamento automático	82

Lista de tabelas

Tabela 2.2 - Comparação das etiquetas activas, passivas e semi-passivas	16
Tabela 3.1 - Tabela dos valores numéricos de pesagem	37
Tabela 4.1 - Possíveis configurações para as gravações	56
Tabela 4.2 - Possíveis configurações para as impressões	59

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

CR	<i>Carriage Return</i>
EPC	<i>Electronic Product Code</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ETSI	Instituto de Normas Europeias para as Telecomunicações
FCC	Comissão Federal de Comunicações
HF	<i>High Frequency</i>
ID	Número de identificação único
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LF	<i>Low Frequency</i>
LF	<i>Line Feed</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
SAW	<i>Surface Acoustic Wave</i>
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
SIT	Sistema de Impressão e Tareamento
UHF	<i>Ultra-High Frequency</i>

Lista de símbolos

λ	Comprimento de onda
-----------	---------------------

Capítulo 1

Introdução

O presente relatório descreve o trabalho desenvolvido no âmbito do projecto “Identificação por RFID, pesagem e registo em base de dados numa linha de produção de garrafas de gás”, realizado na empresa Amtrol-Alfa, em Guimarães. Para uma maior facilidade de escrita e leitura ao longo de todo o relatório o trabalho será designado por SIT (Sistema de Impressão e Tareamento).

Neste primeiro capítulo apresenta-se o SIT, enumeram-se os objectivos e descrevem-se as etapas realizadas no seu desenvolvimento. Apresenta-se ainda a organização do relatório, através de uma descrição sumária do conteúdo de cada capítulo.

1.1 Sistema de Impressão e Tareamento

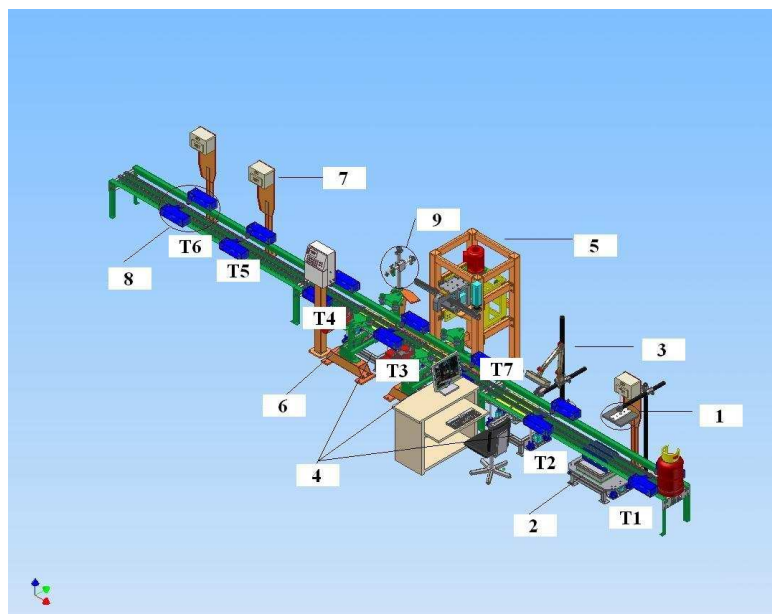


Figura 1.1 - Sistema de Impressão e Tareamento. A garrafa entra pela direita, passa sob a antena RFID (1), é elevada pelo sistema de elevação (4) e pesada pela balança (2), adquire-se o número de série com auxílio de uma câmara (3), faz-se a gravação através da máquina de gravação (5), usa-se o sistema de fixação (6) para fixar e posicionar a garrafa e finalmente faz-se a pintura através da pistola de pintura (9). O deslocamento das garrafas é controlado pelos travões (8) e as consolas (7) permitem a troca de informação do autómato com o operador.

2 - Introdução

O SIT é uma das etapas do processo de produção de garrafas de gás da Amtrol-Alfa. Tem como objectivos identificar as garrafas por radiofrequência, armazenar a identificação (ID) e o seu número de série numa base de dados, e gravar e pintar nas garrafas uma determinada informação definida por cada cliente. Na figura 1.1 vê-se uma fotografia desta linha de produção. A entrada de garrafas é feita pela direita e ao longo da linha seguem-se sequencialmente os sistemas de identificação RFID, pesagem, catalogação do número de série, gravação e pintura.

As garrafas de gás, têm normalmente o formato apresentado na figura 1.2 e são compostas habitualmente por pé, gola e corpo. As gravações são feitas na gola e as pinturas no topo do corpo (e.g., na zona indicada na figura 1 pelo número 1). Os requisitos dos clientes quanto à informação a gravar e a pintar, são bastante diversificados, pelo que o processo de fabrico deve ser flexível.

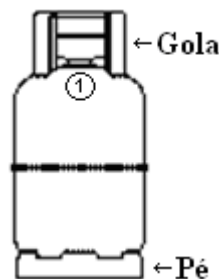


Figura 1.2 - Garrafa de gás

O SIT é constituído pelos seguintes equipamentos (são apenas descritos os mais relevantes):

- Autómato
- Leitor RFID e antena
- Balança
- PC industrial
- Terminal de comunicação
- Travões
- Detectores de presença
- Tapete rolante
- Encoder (gerador de impulsos)
- Sensores fotoeléctricos
- Servomotor
- Plataformas de elevação

O controlo do SIT é efectuado por um único autómato, sendo este o centro de todo o sistema. Recebe como entradas os sinais gerados pelos vários sensores e detectores, bem como a informação enviada pela balança, pelo leitor RFID, e pelo PC Industrial. Actua sobre os travões, transmite informação para a balança, para o leitor RFID, para o PC industrial e para o sistema de pintura, controlando ainda, através de sinais digitais, o sistema de gravação.

O leitor RFID é responsável por transmitir ao autômato a informação armazenada nas etiquetas RFID incrustadas nas garrafas de gás. Cada etiqueta RFID possui um ID (número de identificação próprio) e, em princípio, não há duas etiquetas com o mesmo ID. A antena está posicionada de modo a que as garrafas passem sob ou sobre a mesma, consoante a etiqueta RFID esteja colocada na parte superior ou inferior da garrafa, pois a distância máxima possível entre a etiqueta e o leitor é reduzida.

A balança é constituída por um módulo de pesagem (carta TSX ISP Y101 integrada no autômato), um terminal (TSX XBT N410) responsável por mostrar o peso das garrafas, e uma plataforma constituída por vários sensores de pesagem, cujo funcionamento é semelhante ao de uma célula de carga.

O PC industrial, através de um sistema de supervisão e controlo (SCADA), permite ao operador interagir com o processo, nomeadamente inserir os números de série das garrafas na base de dados, definir o modo de funcionamento do sistema, e visualizar eventuais erros e defeitos de fabrico.

A intervenção do operador no processo também é feita através de terminais de comunicação, mas num outro âmbito que não o disponibilizado no PC industrial.

Os sensores de presença detectam e notificam o autômato sobre a presença de garrafas.

O tapete rolante é responsável pela movimentação das garrafas e está constantemente em movimento.

A figura 1.3 ilustra a rede de comunicação estabelecida entre o autômato e os demais periféricos.

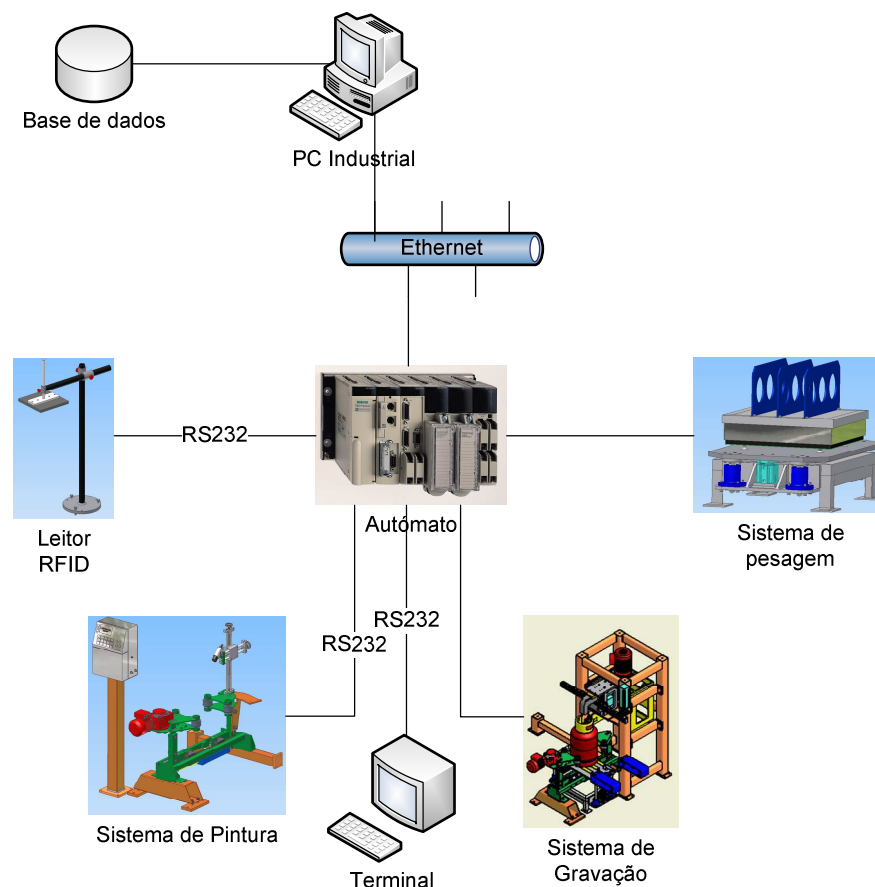


Figura 1.3 - SIT, rede de comunicação

4 - Introdução

O SIT é constituído por seis etapas:

- 1^a. Identificação
- 2^a. Pesagem
- 3^a. Catalogação
- 4^a. Gravação
- 5^a. Pintura

A primeira etapa, Identificação, consiste na leitura da etiqueta RFID que se encontra colocada em cada garrafa. O acesso das garrafas a esta etapa é condicionado pelo travão T1 que abre ou fecha consoante a Identificação e a Pesagem estão ou não disponíveis. Os travões são controlados pelo autómato de forma a gerir o deslocamento das garrafas ao longo de todo o processo. Quando uma garrafa passa pela antena, o leitor RFID recebe o ID da etiqueta que se encontra na garrafa e envia-o para o autómato. Não existe nenhum travão posterior a esta etapa.

Na segunda etapa, Pesagem, procede-se à pesagem. Quando uma garrafa, cujo ID foi correctamente adquirido, chega ao local, o autómato acciona o sistema de pesagem para levantar a garrafa acima do tapete rolante e adquirir o seu peso. Essa aquisição é feita quando a balança estiver estabilizada. Se o valor adquirido for válido, o sistema de elevação desce e, no caso de a próxima etapa estar livre, o travão T2 abre.

Se por qualquer motivo o autómato, na etapa anterior, não tiver recebido um ID válido o sistema de pesagem manter-se-á em baixo, ficando a garrafa retida no travão T2, que não abrirá mesmo que a próxima etapa esteja disponível.

A terceira etapa, Catalogação, consiste na identificação e armazenamento do número de série. Essa identificação é feita por um operador, que visualiza o número de série e o introduz no PC industrial. Este último encarrega-se de o registar na base de dados. Quando a garrafa chega ao local onde se encontra o operador é accionado um sistema de elevação que lhe permite facilmente rodar a garrafa.

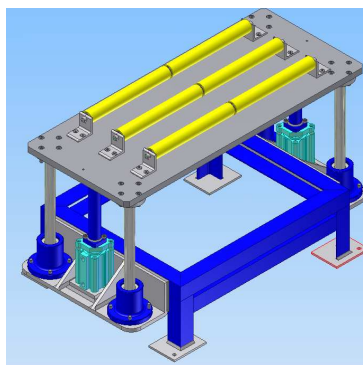


Figura 1.4 - Sistema de elevação

Neste posto existe ainda um suporte para uma câmara que, caso seja utilizada, ajuda na visualização do número de série evitando ter que rodar a garrafa. Se a próxima etapa estiver disponível e o número introduzido pelo operador for válido, o travão T3 abre.

Na quarta etapa, Gravação, é gravada a informação requisitada pelo cliente. No máximo são feitas duas gravações. A posição horizontal é a mesma para as duas gravações, estando a primeira gravação acima da segunda. A informação a gravar, como já foi dito

anteriormente, depende do cliente e é bastante variável, no entanto a base dos valores das gravações é sempre o peso da garrafa obtido na pesagem. A esse valor pode ser somado ou subtraído o peso dos acessórios, o mesmo acontecendo para o peso do revestimento, e para o peso do gás. Quando a garrafa chega ao local da gravação, um outro sistema de elevação eleva a garrafa e o sistema de fixação (figura 1.5) é accionado. A garrafa roda até atingir a posição de gravação. Para efectuar a gravação são usados punções com valores pré-definidos (e.g., 12.0, 12.1, 12.2, etc.).

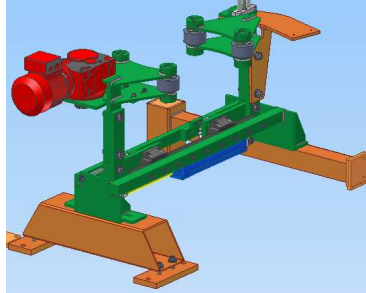


Figura 1.5 - Sistema de fixação

A quinta etapa é responsável pela impressão da restante informação. Essa informação é em tudo semelhante à da gravação, acrescida do ano de reteste e do ano de fabrico da garrafa. A fixação e o posicionamento são feitos da mesma forma que na etapa anterior. No entanto, nesta etapa a garrafa nunca pára de rodar. Quando esta atinge a posição pretendida é posta a rodar de forma mais lenta e a informação vai sendo pintada no local apropriado.

Estas são as cinco principais etapas que constituem o SIT. No entanto, caso por qualquer motivo não seja possível a realização das etapas quatro e cinco, existe uma outra etapa na qual essas operações são feitas de forma manual. Nesta etapa existem dois postos de trabalho, cada um com um terminal de comunicação e um travão, sendo que o terminal de comunicação permite ao operador visualizar o valor que terá de gravar ou pintar na garrafa.

1.2 Plano Geral

Os capítulos que se seguem estão organizados de acordo com a evolução cronológica dos trabalhos.

O capítulo dois retrata a identificação por radiofrequência. Tem como objectivo familiarizar o leitor com este tipo de identificação automática, mostrar sumariamente em que se baseia, e como funciona. É feita uma resenha histórica, são apresentados os vários sistemas RFID, e é apresentada uma explicação sobre o princípio de funcionamento de cada um deles. É também feita uma apresentação de alguns fabricantes e respectivos sistemas, com especial ênfase para o sistema adoptado, justificando-se o porquê dessa escolha.

No capítulo três é descrito o sistema de pesagem. O seu funcionamento é bastante semelhante ao das células de carga e é com base nesses dispositivos que se procede à exposição da forma como é feita a pesagem.

Para testar o trabalho realizado foi desenvolvido um protótipo. Este protótipo contempla as três primeiras etapas do SIT e é narrado ao longo do capítulo 4. São aclaradas a programação e a configuração do autómato, e do sistema de supervisão e controlo. Os equipamentos utilizados no protótipo não são exactamente aqueles propostos para a solução final, pois esses não estavam disponíveis, tendo sido adoptados equipamentos semelhantes. A antena RFID utilizada é de uma versão anterior e não possui todos os modos de funcionamento que as mais recentes possuem. A balança adoptada comunica com o autómato por RS232, para o qual envia o peso e a unidade de pesagem e do qual recebe alguns comandos. Os comandos de mais relevância são, o de mudança da unidade de pesagem, e a calibração da balança.

Para os sistemas de gravação e de pintura não foram encontradas alternativas válidas, no entanto estes não foram desconsiderados e tudo foi feito para que quando ligados ao autómato sejam controlados conforme pretendido.

O capítulo cinco está reservado para as conclusões e para desenvolvimentos futuros. Neste capítulo é comentado o trabalho realizado e são descritas alterações que futuramente poderão ser feitas para tornar o SIT mais produtivo e eficiente.

A necessidade da criação de um protótipo advém do facto de o tempo disponível para a realização deste trabalho não ser suficiente para a montagem da linha de produção que integra o SIT. O protótipo foi desenvolvido de forma a ter todas as funcionalidades pretendidas para o SIT e apesar de alguns dos equipamentos utilizados não serem os mesmos essas funcionalidades não se perderam.

Ao contrário do sistema de pesagem e do sistema de identificação, os sistemas de gravação e de pintura não são abordados num capítulo em particular, pois são sistemas essencialmente mecânicos controlados pelo autómato através de sinais digitais. No entanto essas etapas são o culminar do trabalho desenvolvido no SIT, dado que as etapas de identificação, pesagem e catalogação, apesar de essenciais, são apenas um meio de obter os dados necessários para a realização da pintura e da gravação. Daí que o nome do projecto seja Sistema de Impressão e Tareamento.

Capítulo 2

RFID

Hoje em dia, o sistema de identificação automático mais usado é o sistema de identificação de código de barras. No entanto, esta tecnologia possui algumas desvantagens. Salienta-se o facto de o código de barras ter a necessidade de ser incorporado na parte exterior dos objectos e de estar em contacto directo com o “scanner” (leitor do código de barras) para que este possa fazer a respectiva leitura. De referir, também, que com os códigos de barras não há possibilidade de efectuar armazenamento de dados [1]. É neste contexto que estão a ser desenvolvidos cada vez mais esforços no desenvolvimento de sistemas de identificação por radiofrequência (RFID), pois estes podem suprir as lacunas que os sistemas de identificação por código de barras possuem.

RFID é um termo genérico usado para descrever um sistema que transmite a identidade (na forma de um único número de série) de um objecto ou pessoa usando ondas de rádio. Está agrupado na categoria das tecnologias de identificação automática [2].

Com este capítulo pretende-se, essencialmente, introduzir a identificação por RFID e explicar o funcionamento dos sistemas RFID existentes.

Um sistema RFID tem basicamente dois componentes de *hardware*, um *transponder* e um interrogador. Estes são comumente designados, respectivamente, por etiqueta e leitor [3]. O RFID foi desenvolvido de forma a permitir aos leitores adquirir os dados armazenados nas etiquetas e transmiti-los para um computador [2]. O conceito é simples. Coloca-se um *transponder*, um *micro-chip* com uma antena, num objecto e depois utiliza-se um leitor, um dispositivo com uma ou mais antenas, para ler a informação do *micro-chip*. Essa leitura é feita através de ondas rádio. O leitor passa a informação para um computador.

De acordo com [1], um sistema RFID normalmente funciona da seguinte forma:

- Um leitor envia um sinal através de uma frequência de rádio;
- Todas as etiquetas estão sintonizadas para a frequência de rádio do leitor e recebem o sinal com as suas antenas;
- As etiquetas seleccionadas transmitem a informação que têm armazenada;
- O leitor recebe o sinal das etiquetas com a sua antena e descodifica-o;
- O leitor transfere a informação para o sistema de aplicação;

Segundo [4], um sistema RFID, ilustrado na figura 2.1, é constituído por quatro componentes. São eles:

- Etiquetas RFID (*tags*) ou *transponders*
- Leitores RFID (*readers*) ou *transceivers*
- RFID *middleware*
- Aplicações RFID (*software applications*)



Figura 2.1 - Sistema RFID [5]

Existem vários tipos de sistemas RFID. Atendendo ao tipo de etiquetas e leitores que os constituem, estes podem ser divididos em sistemas RFID activos e passivos. Existem ainda os sistemas RFID semi-passivos que partilham características dos dois sistemas referidos anteriormente [6] [7]. Esta classificação decorre do tipo de fonte de alimentação das etiquetas. As etiquetas RFID activas têm a sua própria fonte de alimentação, usualmente uma bateria *on-board*. As etiquetas passivas obtêm energia do sinal emitido por um leitor externo. Os leitores RFID também podem ser activos ou passivos, dependendo do tipo de etiquetas que são capazes de ler [8].

2.1 Resenha Histórica

A tecnologia RFID há muito que foi descoberta. No entanto, só recentemente o custo inerente a esta tecnologia deixou de ser um entrave.

Mas recuemos até há 2ª Guerra Mundial. Os Alemães, os Japoneses, os Americanos e os Ingleses exploravam os sistemas de radar nas suas operações militares. O radar tinha sido desenvolvido em 1935 pelo físico Escocês Sir Robert Alexander Watson-Watt com o intuito de alertar para a aproximação de aviões quando estes ainda se encontravam a milhas de distância. O problema é que não havia forma de identificar quais desses aviões eram inimigos. Até que os Alemães descobriram que se os pilotos rodassem os seus aviões aquando do regresso à base, alterariam o sinal de rádio reflectido. Este método, apesar de rude, alertaria as equipas que controlavam o radar de que os aviões que se aproximavam eram Alemães. Este foi, essencialmente, o primeiro sistema RFID passivo [9].

Em 1939 os Ingleses através de um projecto secreto liderado por Watson-Watt desenvolveram o primeiro sistema activo identificador de amigo (*friend*) ou inimigo (*foe*), IFF. Era colocado um transmissor em cada avião Britânico e este, quando recebesse os

sinais enviados pelas estações terrestres de rádio, retransmitia um sinal que identificava o avião como sendo amigo [9] [10].

Em 1946, Lón Theremin, inventou uma ferramenta de espionagem para a União Soviética. Esta ferramenta retransmitia ondas de rádio incidentes com informação áudio. As ondas sonoras faziam vibrar um diafragma e este alterava ligeiramente a forma do ressonador que modulava a frequência de rádio reflectida [10].

Em 1948, Harry Stockman realizou um trabalho, intitulado “Communication by means of reflected power”, associado à tecnologia RFID [10].

Em 1973, Mario Cardullo registou a patente, do que se considera ser, verdadeiramente, o antecessor da tecnologia RFID moderna, e que dizia respeito a um rádio *transponder* passivo com memória [10].

Em 1973, Steven Depp, Alfred Koelle e Robert Freyman realizaram uma demonstração de uns *transceivers* RFID de potência reflectida. O sistema portátil operava a 915 MHz e usava *transceivers* de 12 bits [10].

A primeira patente a ser associada à tecnologia RFID, propriamente dita, data de 1983 e foi registada por Charles Walton [10].

Também o governo dos Estados Unidos se interessou pelos sistemas RFID e nos anos 70 o Departamento de Energia pediu ao Los Alamos National Laboratory que desenvolvesse um sistema capaz de localizar materiais nucleares. Um grupo de cientistas surgiu com o conceito de colocar um *transponder* num camião e leitores nos portões das instalações de segurança. A antena colocada no portão activaria o transponder no camião, que responderia com um ID e potencialmente outros dados como, por exemplo, o ID do condutor. Este sistema foi comercializado em meados dos anos 80 quando os cientistas de Los Alamos que trabalharam no projecto formaram uma companhia para desenvolver sistemas de pagamento automático de ferramentas. Estes sistemas tornaram-se bastante usados em estradas, pontes e túneis em todo o mundo [9].

A pedido do Departamento de Agricultura, Los Alamos também desenvolveu uma etiqueta RFID passiva para localização de vacas. Los Alamos sugeriam um sistema RFID passivo que usava ondas de rádio UHF. O dispositivo obtinha a energia do leitor e simplesmente reflectia de volta para o leitor um sinal modulado através de uma técnica conhecida como *backscatter* [9].

Mais tarde, companhias desenvolveram sistemas de baixa frequência (125 kHz), caracterizados por possuírem *transponders* mais pequenos. Estes podiam ser encapsulados em vidro ou colocados em cartões [9].

Com o passar do tempo, companhias que comercializavam sistemas a 125 kHz começaram a evoluir para sistemas de alta-frequência (13.56 MHz), que eram desregulados e inusuais em quase todo o mundo. A alta-frequência oferecia alcance maior e maior velocidade de transferência de dados. Companhias, especialmente europeias, começaram a usar estes sistemas para localizar contentores e outros activos. Hoje em dia, sistemas RFID a 13.56 MHz são usados para controlo de acesso, sistemas de pagamento e cartões inteligentes sem contacto. Também são usados como dispositivos anti-roubo em carros [9].

No início dos anos 90, engenheiros da IBM desenvolveram e patentearam um sistema RFID UHF. Este oferecia maior alcance (acima de 7 metros sobre boas condições) e transferência de dados mais rápida. A IBM fez algumas primeiras abordagens em conjunto com a Wal-Mart, mas nunca comercializou esta tecnologia. Em meados dos anos 90 e face

à crise financeira que atravessavam a IBM vendeu as suas patentes à Intermec, um fornecedor de sistemas de identificação por código de barras.

Os sistemas RFID da Intermec foram instalados nas mais variadas aplicações, desde localização de bens no interior de armazéns até utilização em quintas. Mas a tecnologia na altura era cara devido ao baixo volume de vendas e à falta de normas internacionais abertas [9].

A utilização dos sistemas RFID UHF sofreu um impulso significativo em 1999, quando o Uniform Code Council, EAN International, Procter & Gamble e a Gillette criaram um fundo para estabelecer o Auto-ID Center no MIT. Dois professores locais, David Brock e Sanjay Sarma, fizeram algumas pesquisas sobre a possibilidade de colocar etiquetas RFID de baixo custo em todos os produtos fabricados, para que estes fossem localizados ao longo da cadeia de abastecimento. A ideia era postar apenas um único número de série na etiqueta para manter o preço baixo.

A informação associada ao número de série da etiqueta seria armazenada numa base de dados acessível através da internet. Sarma e Brock mudaram a forma como as pessoas viam o RFID na cadeia de abastecimento. Antes, as etiquetas eram uma base de dados móvel que carregava informação acerca do produto ou contentor no qual estavam e com o qual viajavam. Sarma e Brock tornaram o RFID numa rede de comunicação associando objectos à internet através das etiquetas. Para o negócio esta foi uma importante mudança porque agora um fabricante poderia automaticamente notificar um cliente sobre a saída de um carregamento da fábrica ou de um armazém, e um retalhista poderia automaticamente comunicar ao fabricante a chegada de bens [9].

Entre 1999 e 2003, o Auto-ID Center conquistou o apoio de mais de 100 grandes companhias fabricantes de produtos para o consumidor final, do U.S. Department of Defense e muitos vendedores chave da tecnologia RFID. Abriu laboratórios de investigação na Austrália, Reino Unido, Suíça, Japão e China. Desenvolveu dois protocolos de interface do ar (Class 1 e Class 0), a estrutura de numeração do Electronic Product Code (EPC) e uma arquitectura de rede para procurar informação na Internet associada a uma etiqueta RFID. A tecnologia foi licenciada à Uniform Code Council em 2003, e esta criou a EPCGlobal, numa associação de risco com a EAN International para comercializar a tecnologia EPC. Porém o Auto-ID Center fechou as suas portas em Outubro de 2003, e as responsabilidades da sua pesquisa foram passadas para o Auto-ID Labs [9].

Alguns dos maiores retalhistas do mundo (Albertons, Metro, Target, Tesco, Wal-Mart) e o U.S. Department of Defense disseram que planeavam usar a tecnologia EPC para localização de bens nas suas cadeias de abastecimento. As indústrias farmacêuticas, dos pneus e da defesa, para além de outras, estão também a mudar de forma a adoptar essa tecnologia. A EPCGlobal ratificou uma norma de segunda geração em Dezembro de 2004, pavimentando a adopção global.

2.2 Etiquetas

O texto que se segue foi baseado em [2], [3], [4], [7], [11], [12].

Uma etiqueta RFID é um pequeno objecto que pode ser colocado numa pessoa, num animal ou num produto. Existem em várias formas e tamanhos e cada uma é desenhada para operar em vários climas e condições. Como se pode constatar pela análise da figura

2.2 é essencialmente um pequeno micro-chip ligado a uma antena e envolvido em vidro, plástico ou outro tipo de material de encapsulamento.

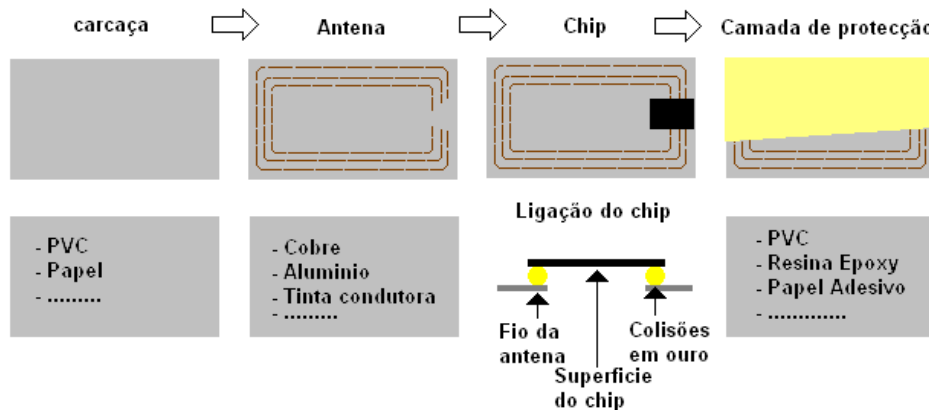


Figura 2.2 - Constituição básica de uma etiqueta

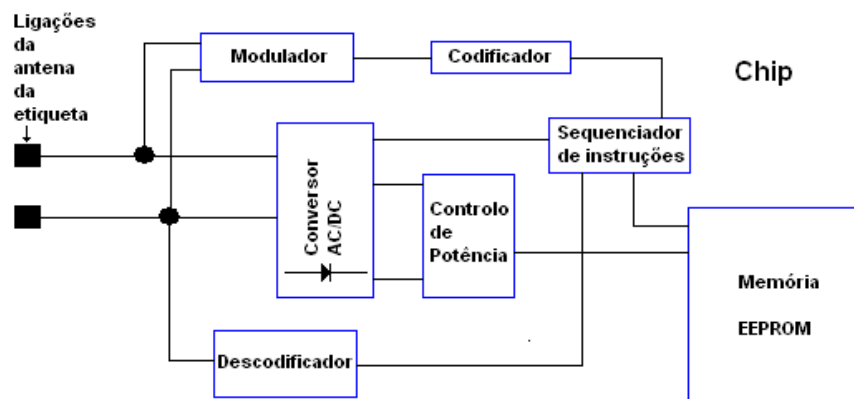


Figura 2.3 - Arquitectura básica do circuito integrado de uma etiqueta

A etiqueta RFID tem como propósito guardar e transmitir os dados relativos à pessoa, animal ou produto ao qual se encontra anexada, sendo por isso um dispositivo de comunicação e armazenamento. Para comunicar as etiquetas respondem a interrogações feitas pelos leitores RFID, gerando sinais que não devem interferir com esses mesmos leitores, dado que os sinais que estes recebem podem ser muito fracos e têm de ser fragmentados. As etiquetas podem ser classificadas de acordo com os seguintes critérios:

Fonte de alimentação: Uma etiqueta pode receber energia eléctrica através do campo indutivo gerado pelo leitor, ou pode ser alimentada internamente por baterias. As primeiras são denominadas etiquetas passivas e as últimas etiquetas activas. O alcance das etiquetas passivas varia desde alguns centímetros até um metro, enquanto as etiquetas activas podem atingir alcances bastante grandes na ordem dos 15 metros ou mais. As etiquetas activas são geralmente mais caras do que as passivas porque um alcance maior requer sofisticação, como por exemplo, um algoritmo para coordenar múltiplas etiquetas e até mesmo um transmissor. Muitas operam num estado de hibernação até serem acordadas por um sinal do leitor.

Ambiente: As etiquetas têm limitações ambientais relacionadas com a temperatura e a humidade. Tipicamente os fabricantes incluem nas suas especificações a temperatura de funcionamento (a gama de temperaturas para as quais as etiquetas funcionam de forma óptima), temperaturas de armazenamento (a gama para a qual as etiquetas podem ser armazenadas em segurança) e a gama de humidade (expressa em percentagem de humidade relativa).

Antena: Cada etiqueta precisa de uma antena para capturar o sinal, bem como, em alguns casos, para actuar como um condutor de energia desde o leitor até à etiqueta. A forma e dimensão das antenas não só determinam a gama de frequências que esta consegue captar, como também são determinantes na caracterização do seu desempenho. Existem quatro tipos de antenas para as etiquetas: dipolo, micro-faixa, abertura e bobina. Antenas de dipolo consistem numa linha recta, cujo tamanho define a gama de frequências. As antenas de micro-faixa, também conhecidas como antenas de caminho, demonstraram ser vantajosas para as etiquetas, pois consistem numa placa de circuito impresso com um rectângulo no final, em que o comprimento e a largura definem a frequência. As antenas de abertura consistem em aberturas, feitas numa superfície metálica. Antenas de bobinas são fios num plano bobinado ou fios enrolados à volta de um núcleo condutor. As antenas são feitas à base de metal ou tinta. Antenas de cobre são bastante comuns, devido à boa condutividade e ao baixo custo. No entanto, também são usadas antenas de prata, ouro e alumínio, disponibilizando vários níveis de desempenho. O método mais recente de fabrico de antenas contempla o uso de uma tinta especial e de uma tecnologia de placas de circuito impresso que quando mergulhadas numa solução especial originam o crescimento de metal na superfície da tinta. Desta tecnologia se diz que um dia permitirá a produção em massa de etiquetas a um baixo custo efectivo.

Normas: As etiquetas RFID devem estar em conformidade com as normas criadas pela ISO e pela EPC. A ISO produziu mais de 180 especificações bastante detalhadas. As normas ISO foram divididas em “famílias”, tais como, as séries ISO 18000 e ISO 15693. As normas EPC são focadas nas cadeias de abastecimento, em particular definindo metodologias para captura, transferência, armazenamento e acesso a informação RFID. A EPC classifica as etiquetas em cinco “classes” onde um aumento na classe significa um aumento na sofisticação, por exemplo, a Class 0 refere-se às etiquetas passivas apenas de leitura, enquanto a Class 4 refere-se às etiquetas activas reprogramáveis. A norma Class 5 está a ser desenvolvida com a compatibilidade do leitor com as etiquetas mais antigas em mente. A EPC também publicou normas para a troca e processamento de dados RFID sobre o título de “Savant”. Há áreas sobrepostas pelas normas da EPC e da ISO, no entanto essas normas diferem no conteúdo e não entram em conflito. A EPC ratificou uma nova norma global que está a ser avaliada pela ISO como ISO 18000-6.

CLASS 0 - Etiquetas apenas de leitura, programadas aquando do fabrico. São as etiquetas mais simples, os dados, geralmente um simples ID, são escritos na etiqueta uma única vez aquando do fabrico. A memória é depois desactivada para impedir futuras actualizações. A CLASS 0 é também usada para definir a categoria de etiquetas EAS (electronic article surveillance). As etiquetas do tipo EAS são dispositivos anti-roubo que

não contêm um ID, apenas anunciam a sua presença quando passam através do campo de uma antena.

CLASS 1 - Etiquetas de uma única escrita e apenas leitura (WORM - *write once read only*), programadas aquando do fabrico, ou pelo utilizador. A etiqueta é fabricada com a memória de dados vazia. Os dados podem ser escritos, uma única vez, pelo fabricante da etiqueta ou pelo utilizador. Após isto não são permitidas futuras gravações de dados e a etiqueta apenas pode ser lida. As etiquetas deste tipo actuam como simples identificadores.

CLASS 2 - Etiquetas de leitura e escrita. Estas etiquetas são as mais flexíveis. Os utilizadores podem ler e escrever dados nas etiquetas. Tipicamente são usadas para registo de dados e por isso contêm mais espaço de memória do que aquele que é necessário para guardar apenas um ID.

CLASS 3 - Etiquetas de leitura e escrita com sensores integrados. Os sensores integrados permitem gravar parâmetros como temperatura, pressão e movimento na memória das etiquetas. Como as leituras dos sensores devem ser feitas na ausência dos leitores, as etiquetas são activas ou semi-passivas.

CLASS 4 - Etiquetas de leitura e escrita com transmissores integrados. As etiquetas de CLASS 4 têm a capacidade de comunicar com outras etiquetas e dispositivos sem a presença de um leitor. São completamente activas com a sua própria bateria de alimentação.

Memória: As etiquetas podem não ter qualquer tipo de memória, podem ter memória apenas de leitura, ou de leitura e escrita. As etiquetas sem memória podem apenas indicar ao leitor a sua presença. As etiquetas com memória são mais caras e são de dois tipos, apenas leitura e leitura e escrita, as ultimas têm dois tipos, apenas uma escrita e múltiplas escritas. As etiquetas com memória de leitura e escrita podem funcionar sem uma fonte de alimentação interna ou necessitar de uma bateria para manter a memória. Etiquetas com um tamanho de memória maior podem ser usadas para armazenar mais do que um simples ID, como por exemplo, informação de medidas e de localização.

Lógica: As etiquetas podem:

- Não ter processamento, por exemplo, etiquetas para prevenção de roubos em supermercados que alertam os guardas para um possível roubo, na presença de um campo indutivo.
- Ter um processador de estado finito capaz de suportar algum tipo de criptografia.
- Ter um microprocessador, estando assim dotadas de varias capacidades de processamento dependendo dos requisitos. Os microprocessadores podem necessitar de uma potência superior à que os leitores conseguem disponibilizar, e por isso são normalmente encontrados em etiquetas activas.

Método de aplicação: As etiquetas RFID podem ser categorizadas como, presas, removíveis, embutidas e transportadas. A diferença entre uma etiqueta presa e uma etiqueta removível é o facto desta última ser reutilizável. Por exemplo, as etiquetas RFID de rotulagem são desenhadas para serem presas a um único objecto com o propósito de localizar esse mesmo objecto, e não são desenhadas para serem removidas e posteriormente presas a outro objecto. As etiquetas removíveis são desenhadas para serem

removidas e posteriormente reutilizadas, como no caso de etiquetas presas a um qualquer artigo de uma loja que seja bastante caro, como roupa ou artigos multimédia. Etiquetas embutidas são desenhadas para serem ou se tornarem uma parte permanente do objecto que ajudam a monitorizar, por exemplo etiquetas sub-dérmicas para localização de artigos em tempo real. Etiquetas transportadas referem-se a etiquetas que podem ser carregadas por indivíduos dentro de uma mala ou de uma carteira, tendo essencialmente a função de autorização.

2.2.1 Etiquetas passivas

As etiquetas passivas são as mais comuns. Isto deve-se em grande parte à sua simplicidade, ao seu baixo preço, ao facto de não necessitarem de manutenção, e ao grande leque de frequências em que são capazes de operar. Não possui fonte de alimentação interna e obtêm a energia de que necessitam da comunicação com o leitor RFID. A corrente eléctrica induzida na antena pelo sinal de rádio transmitido pelo leitor contém energia suficiente para alimentar o circuito integrado CMOS da etiqueta, activando-a e permitindo-lhe transmitir uma resposta para o leitor. No entanto o sinal dessa resposta é mais “fraco” do que o sinal recebido. Na maior parte das etiquetas passivas o sinal enviado para o leitor é a reflexão da onda portadora transmitida pelo próprio, o que significa que as antenas que integram as etiquetas devem ser capazes de absorver a energia do sinal que recebem, bem como transmitir a reflexão desse sinal para o dispositivo que primeiramente o enviou, neste caso o leitor RFID. A etiqueta RFID passiva envia os dados para o leitor através da modulação da amplitude do sinal recebido. A resposta de uma etiqueta RFID passiva pode não ser apenas um ID, uma vez que o micro-chip que as integra pode conter uma memória não-volátil (possivelmente uma EEPROM) para armazenamento de dados. As etiquetas passivas, na prática, têm distâncias de leitura que vão desde 10 cm até alguns metros, dependendo da frequência de rádio escolhida e do design e tamanho da antena. O facto de não possuírem bateria permite-lhes serem bastante pequenas. Na figura 2.5 pode ser visualizada aquela que até ao momento é a mais pequena etiqueta RFID passiva desenvolvida.



Figura 2.5 - Mu-chip ou μ -chip, chip RFID da Hitachi

O Mu-chip, visível na figura 2.6, é uma etiqueta RFID passiva desenvolvida pela Hitachi e é o circuito integrado RFID mais pequeno do mundo. Permite efectuar a localização e monitorização de objectos, bem como traçar a sua rota.

2.2.2 Etiquetas activas

As etiquetas RFID activas possuem uma fonte de alimentação interna que é usada para alimentar os circuitos integrados e efectuar a radiodifusão do sinal para o leitor. As etiquetas activas são mais fiáveis do que as etiquetas passivas, nomeadamente no que à comunicação com o leitor diz respeito. O facto de as etiquetas activas utilizarem a bateria

que possuem para a comunicação com o leitor permite-lhes efectuar a transmissão de dados com potências superiores às conseguidas pelas etiquetas passivas. Esta capacidade confere às etiquetas activas uma maior efectividade em ambientes onde a transmissão de ondas rádio é mais difícil (água, metal) e a possibilidade de transmitir a distâncias mais longas. Têm a capacidade de gerar sinais de resposta “fortes” quando os pedidos são “fracos”. No entanto, em relação às etiquetas passivas, as etiquetas activas são maiores, o custo de fabrico é superior e o ciclo de vida é mais curto. Hoje em dia, a maior parte das etiquetas activas têm um raio de acção de centenas de metros e as baterias têm uma duração de vida superior a 10 anos. Algumas incluem, inclusive, vários tipos de sensores. As etiquetas activas têm uma capacidade de armazenamento superior à das etiquetas passivas, pois as memórias que possuem são maiores. Têm, por isso, a capacidade de armazenar informação adicional que eventualmente pode ser enviada pelo leitor. Normalmente operam a 455 MHz, 2.45 GHz, ou 5.8 GHz e têm um raio de leitura que vai desde 18 metros até 91 metros. São utilizadas essencialmente em grandes recursos, como por exemplo em contentores.

2.2.3 Etiquetas semi-passivas

As etiquetas semi-passivas são semelhantes às activas, uma vez que também possuem uma fonte de alimentação própria. No entanto, esta apenas é usada para alimentar o micro-chip, pelo que a comunicação com o leitor RFID é feita da mesma forma que é feita no caso das etiquetas passivas. As etiquetas estão normalmente no modo *sleep* e são “acordadas” pelo envio de um sinal adequado por parte do leitor RFID. As baterias que integram as etiquetas semi-passivas podem, alternativamente, armazenar a energia disponibilizada pelo leitor para que esta possa ser utilizada na transmissão futura de uma resposta. As etiquetas semi-passivas são mais sensíveis do que as passivas o que provoca um aumento do raio de acção e um melhoramento da fiabilidade de leitura. Este aumento de sensibilidade aumenta o nível de exigência requerido ao leitor, pois a etiqueta irá receber sinais bastante “fracos” os quais transmitirá de volta para o leitor, que os recebe ainda mais “fracos”. Enquanto no caso das etiquetas passivas é a ligação leitor-etiqueta a primeira a falhar no caso das etiquetas semi-passivas é precisamente o contrário. As etiquetas semi-passivas têm um ciclo de vida superior ao das etiquetas activas (as baterias duram mais) e têm também a capacidade de desempenhar funções activas (por exemplo registo de temperaturas), mesmo na ausência de um leitor RFID. Na tabela 2.2 é feita uma comparação entre os três tipos de etiquetas descritos anteriormente.

Tabela 2.2 - Comparação das etiquetas activas, passivas e semi-passivas

	Vantagens	Desvantagens	Observações
Etiquetas Passivas	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de vida longo - As etiquetas são mais flexíveis em termos mecânicos - O mais baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> - Distância limitada a 4m ou 5m (UHF) - Controladas de forma restricta pelas regulações locais 	<ul style="list-style-type: none"> - Maioritariamente usados em aplicações RFID - As etiquetas são LF, HF ou UHF
Etiquetas Semi-passivas	<ul style="list-style-type: none"> - Distância de comunicação maior - Podem ser usadas para gerir outros dispositivos como, por exemplo, sensores (de temperatura, de pressão, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Preço elevado. Devido à bateria e ao enpacotamento da etiqueta. - São pouco confiáveis, pois é impossível determinar se a bateria está boa, particularmente quando estão presentes várias etiquetas 	<ul style="list-style-type: none"> - Usadas essencialmente em sistemas de tempo real para localização de materiais de valor elevado ou equipamento no interior de uma fábrica. - As etiquetas são UHF
Etiquetas Activas	<ul style="list-style-type: none"> - Não são abrangidas pelas mesmas regulações impostas às etiquetas passivas. 		<ul style="list-style-type: none"> - Usadas em logística para localização de contentores em comboios, camiões, etc. - As etiquetas são UHF ou micro-ondas.

2.3 Leitores

O texto que se segue foi baseado em [3], [4], [7], [11], [12].

Para recuperar a informação gravada na etiqueta RFID é necessário um leitor RFID. Este é responsável por alimentar e comunicar com a etiqueta. Tipicamente um leitor RFID consiste numa ou mais antenas que emitem e recebem ondas de rádio. O leitor transfere para um sistema computadorizado a informação digital que obteve pela conversão das ondas de rádio recebidas. Os leitores têm cinco importantes características, polarização, antena, protocolo, interface E/S e portabilidade.

Polarização: Existem dois tipos de campos, linear e circular. Cada leitor consegue gerar um desses campos. Os leitores lineares criam um campo electromagnético focado e orientado que se caracteriza por um maior alcance e uma maior penetração. As antenas das etiquetas para as quais o campo é dirigido devem apresentar uma orientação específica para a etiqueta ser capaz de receber o sinal. Os leitores circulares geram um campo indutivo não-direccional de forma a alimentar e interrogar as etiquetas que não requeiram uma orientação específica. O padrão de ondas circulares aumenta as hipóteses da antena da etiqueta capturar o sinal. Contudo, os leitores circulares têm um alcance inferior ao dos leitores de polarização linear.

Antena: A antena de um leitor pode ser interna estando integrada no circuito, ou pode ser externa, estando ligada a uma ou mais portas disponibilizadas pelo leitor para o devido efeito.

Protocolo: Alguns leitores são capazes de comunicar usando apenas um único protocolo. Isto significa que cada leitor pode comunicar com etiquetas baseadas nas normas ISO ou nas normas EPC. No entanto, em algumas situações, nomeadamente para compatibilidade com os vendedores que usam etiquetas de diferentes normas, pode haver a necessidade do leitor comunicar com ambos os tipos de etiquetas. Tais leitores são denominados multiprotocolares.

Interface: Os leitores RFID podem ser integrados em infra-estruturas de gestão através de portas de entrada e saída, tais como Ethernet (RJ45), comunicação série (RS232), Wi-Fi (802.11), USB e outras. Estas portas permitem ao leitor trocar informação e instruções com

a infra-estrutura actual. Por exemplo, a informação transmitida por correias transportadoras pode ser enviada para um sistema ERP, enquanto o leitor envia sinais de controlo transmitidos por um servidor.

Portabilidade: Os leitores RFID podem ser fixos ou portáteis. Leitores fixos de multi-portas podem ser vantajosos para localizar múltiplos objectos de uma só vez, pois podem receber sinais de vários locais com maior facilidade se as antenas estiverem ligadas às respectivas portas por cabo. Os leitores fixos também podem ter a forma de um portal para detectar a passagem de objectos etiquetados. Os leitores RFID portáteis podem incorporar uma antena, uma UI e ter capacidade de se conectarem através de várias interfaces.

2.4 Middleware

Os dados das etiquetas devem passar por um *software* capaz de filtrar, converter, corrigir e reencaminhar para sistemas ERP. Esta camada de *software* é o *middleware*. Este pode residir num leitor ou num servidor. Se o *middleware* estiver localizado num leitor tem a capacidade de filtrar alguma informação directamente na fonte usando programação lógica, mas não pode executar funções sofisticadas. Estas apenas podem ser disponibilizadas se o *middleware* estiver num servidor. Por exemplo, para comunicação com outro tipo de dispositivos, como leitores de código de barras, leitores RFID, e até dispositivos de processamento empresarial, como os sistemas ERP. O *Middleware* tanto pode ter uma arquitectura de uma única fileira como também uma arquitectura de múltiplas fileiras, sendo que esta permite maior flexibilidade nos dados e na integração do processo. Alguns tipos de *middleware* existentes são: gestão e processamento de dados, desenvolvimento de aplicações, e integração de outros *softwares* associados ao sistema RFID [3].

Segundo [4], a camada de *middleware* executa funções adicionais tais como:

- Tornar mais fiáveis as operações de leitura e escrita;
- Efectuar o *pull* e o *push* dos dados para a posição correcta, através de uma rede de leitores;
- Controlar e monitorizar os leitores;
- Permitir operações seguras de leitura e escrita;
- Reduzir interferências;
- Manusear os eventos gerados pelas etiquetas e os eventos gerados pelos leitores;
- Notificar uma aplicação;
- Aceitar e processar comandos de interrupção gerados por uma aplicação;
- Alertar os utilizadores acerca das excepções.

Estruturalmente, a camada de *middleware* em sistemas RFID está dividida em sub-camadas. As camadas inferiores estão mais focadas nas funções relativas à fiabilidade da leitura e escrita na etiqueta, à robustez e à segurança. As camadas superiores estão ligadas às aplicações e por conseguinte disponibilizam às mesmas as seguintes funcionalidades:

- Tabelas de encapsulamento de produtos;
- Tabelas de planeamento e localização de produtos;
- Tabelas de etiquetas;
- Tabelas de leitores;
- Tabelas de portais;
- Sistemas Empresariais de informação tecnológica (ERP, SCM, etc.);
- Manuseamento de códigos de etiquetas normalizados, tais como o EPC (Electronic Product Code).

As camadas inferiores criam classes para os leitores, para as etiquetas, para a rede RFID, etc. Quando surge uma nova tecnologia, por exemplo um leitor com novos protocolos disponíveis, as suas características são incorporadas no *middleware*, pelo que a exigência ao nível estrutural será mínima, bem como as alterações ao nível do código do *software*.

As camadas superiores para além de disponibilizarem uma série de funcionalidades às aplicações, também incluem funcionalidades de dados adicionais.

O *middleware* é capaz de reduzir o tempo de integração de um hardware RFID com aplicações existentes, é ainda capaz de simplificar os problemas que possam surgir quando se utilizam leitores de fabricantes diferentes, com diferentes especificações ou diferentes protocolos.

2.5 Software

Geralmente o *software* RFID desempenha uma função específica, como por exemplo, manter actualizado o trajecto de um artigo num armazém ou reorganizar artigos com base nos itens removidos da prateleira de uma loja de retalho. O *software* enviará também informação aos leitores para que estes escrevam dados (informação relativa à venda, a indicação de que uma palete está vazia, ou até mesmo a indicação de que um contentor abandonou o armazém), de forma individual, nas etiquetas [4].

As aplicações do *software* RFID tendem a ser específicas de uma indústria vertical, por exemplo, cadeias de abastecimento, retalho, medicamentos, armazéns, etc. [4].

2.6 Frequência

Este tema é fundamentado no exposto em [3].

A gama de tarefas, bem como o escalonamento de um sistema RFID é altamente dependente da frequência de rádio que o sistema usa. Isto porque as frequências podem fazer a diferença em termos de alcance, velocidade de troca de dados, interoperabilidade e superfície de penetração. Algumas frequências são melhores para transpor líquidos e metais. Dentro da frequência, distância do sinal, espectro, frequência do leitor para a etiqueta e da etiqueta para o leitor, a técnica de interacção e os regulamentos são dimensões importantes da frequência seleccionada para o sistema RFID.

2.6.1 Distância da fonte de sinal

Representa a distância à qual um leitor e uma etiqueta RFID conseguem efectivamente comunicar. Pode ser dividida em alcance de leitura e alcance de escrita, pois as distâncias de leitura e escrita de dados do leitor em relação às etiquetas podem ser diferentes, dependendo da arquitectura da etiqueta. Devido aos pontos fortes e fracos que certas frequências demonstram, normalmente são usadas frequências entre LF e HF para distâncias superiores a um metro, enquanto frequências UHF e de nível superior são preferíveis para atingir alcances superiores a alguns metros e maior velocidade de transferência de dados. As frequências mais altas necessitam de antenas menos espaçadas e mais eficientes quando comparadas com as antenas usadas para baixas frequências.

2.6.2 Espectro

LF (9-135 kHz): Os sistemas que usam esta gama de frequências têm uma distância de leitura de apenas alguns centímetros. As frequências LF são tipicamente usadas em identificação animal, pois têm a capacidade de penetrar o ambiente bastante húmido existente no interior do corpo animal.

HF (13.56 MHz): Esta frequência é bastante popular e tipicamente cobre distâncias de leitura da etiqueta desde 1 cm até cerca de 1.5 metros e até um metro para escrita de dados na etiqueta. As etiquetas que operam a esta frequência geralmente dependem da energia disponibilizada pelo leitor.

UHF (0.3-1.2 GHz): É uma gama de frequências usada para suportar grandes distâncias entre a etiqueta e o leitor. São frequências que não conseguem penetrar metal e humidade, contudo conseguem transmitir mais rapidamente e portanto são indicadas para efectuar a leitura de várias etiquetas. Estas frequências estão na gama do ISM pelo que são inconsistentes ao longo dos vários países.

Micro-ondas (2.45-5.8 GHz): A vantagem de escolher frequências tão elevadas é a resistência que se consegue obter aos fortes campos electromagnéticos, por exemplo, motores eléctricos e sistemas de soldadura. Etiquetas que operem a estas frequências são comumente utilizadas em linhas de produção de sistemas automóveis. No entanto requerem mais energia e são mais caras.

2.6.3 Frequência do leitor

Os leitores podem estar capacitados para capturar uma única frequência ou múltiplas frequências. Leitores de múltiplas frequências são desenvolvidos para interrogar etiquetas que usem diferentes frequências ou para obedecer a diferentes normas.

2.6.4 Frequência da etiqueta para o leitor

Quando uma etiqueta recebe um sinal de rádio do leitor pode: responder numa frequência que, é uma fracção da frequência do leitor (sub-harmónico) ou é a própria frequência do leitor; responder numa frequência múltipla da frequência do leitor (harmónico); numa frequência completamente independente da frequência do leitor.

2.6.5 Técnica de interacção

Existem três técnicas para as etiquetas enviarem os dados para o leitor:

Modulação de carga: Neste sistema, o campo indutivo gerado pelo leitor para alimentar a etiqueta é ligeiramente desfeito pela etiqueta, essa alteração é detectada

pelo leitor que a converte em bits de dados. Este sistema é factível se a proximidade for elevada (um metro ou menos) devido à grande redução da força do campo com o aumento da distância.

Backscatter: Este sistema é especialmente indicado para grandes distâncias e para leitores de micro-ondas. Neste sistema, a frequência correspondente é usada pela etiqueta para enviar os dados para o leitor, através da coordenação com as etiquetas que a rodeiam.

Onda acústica de superfície: Esta técnica usa o facto da energia das micro-ondas não atravessar as superfícies metálicas. A codificação do chip RFID é feita recorrendo a tiras metálicas verticais com uma quantidade variável de falhas entre elas. Quando a energia das micro-ondas passa a tira, cria distúrbios variáveis que podem ser detectados por um leitor e seguidamente convertidos em dados binários.

2.6.6 Regulamentos

Os fabricantes de produtos RFID tiveram e têm de aderir aos regulamentos criados pelas agências, tais como a Comissão Federal de Comunicações (FCC) e o Instituto de Normas Europeias para as Telecomunicações (ETSI), que controlam o espectro de frequências no interior das regiões que lhe são designadas. Diferenças nos regulamentos tornam mais complicado e dispendioso o fabrico de equipamento para que este respeite esses regulamentos. Na Europa por exemplo, a gama das frequências UHF para os sistemas RFID é 865-868 MHz enquanto no Japão é 950-956 MHz e nos EUA é 902-928 MHz. Alguns fabricantes de equipamentos RFID resolvem essas diferenças desenhando os seus leitores para que estes sejam capazes de lidar com múltiplas frequências e protocolos. Não obstante, a implementação de um sistema RFID global vinculando o tratamento dos diferentes regulamentos e normas, torna o processo dispendioso e complicado. A EPC ratificou uma norma, a “Gen 2”, que especifica os regulamentos para que haja compatibilidade global.

2.7 Dados

O texto que se segue é baseado em [3].

Para um sistema RFID típico é crucial o tipo de dados e a forma com estes são processados entre a etiqueta e o leitor. Normas como a EPC class1, versão 2 (também denominada Gen 2) permitem etiquetas com 96 bits de identificação. Estes bits de informação passam por alguns passos como extracção, descodificação, filtragem, análise e realimentação num intervalo de muito poucos segundos, envolvendo tudo desde hardware como etiquetas, leitores e correias de transporte até *software* sofisticado e sistemas IT como, por exemplo, o ERP. Os três aspectos mais importantes no que concerne aos dados dos sistemas RFID são: segurança, coordenação de multi-etiquetas e processamento.

2.7.1 Segurança

Os dados sensíveis e desprotegidos no interior das etiquetas podem ser escutados por qualquer pessoa com um receptor de rádio ou com um programa de interceptação de pacotes de comunicação quando os dados são transmitidos entre um leitor e um servidor.

Por isso, é importante saber o tipo de protecção de dados utilizado. São possíveis três diferentes cenários de segurança:

Algoritmos públicos: Neste sistema, a etiqueta e o leitor empregam técnicas de encriptação que são bem testadas e informação pública. Alguns exemplos comuns são as chaves partilhadas e as chaves derivadas. A escolha do algoritmo tem muito que ver com o tipo de computação disponível na etiqueta. Algoritmos de computação pesados requerem co-processadores criptográficos e uma fonte de alimentação, o que pode aumentar o custo da etiqueta. Torna-se necessário criar um equilíbrio entre segurança e custo.

Algoritmos proprietários: Alguns fabricantes desenvolveram algoritmos de dados que não são baseados em normas públicas, o que pode ser um problema se o consumidor desejar a utilização de etiquetas ou leitores disponibilizados por outros vendedores. O que também pode ser um problema é o facto de todos os fornecedores ou consumidores terem de utilizar o mesmo equipamento do vendedor.

Nenhuma: Em casos como este, os dados na etiqueta são completamente descriptados e legíveis por um leitor com a frequência correspondente. O que pode não ser um problema no caso de o identificador único da etiqueta apenas ter significado na presença da base de dados correspondente. Assim que os dados da etiqueta são lidos, o leitor envia o identificador único da etiqueta para um servidor seguro onde é comparado com uma entrada gravada numa base de dados contendo toda a informação relativa a esse identificador. Os dados são encriptados pelo servidor e enviados para o leitor para que este os mostre. Desta forma, a privacidade está protegida pois não é trocada nenhuma informação pessoal. Desde que nenhuma entidade maliciosa se apodere do conteúdo da base de dados, qualquer informação obtida de forma maliciosa é insignificante.

2.7.2 Protocolos de coordenação de multi-etiquetas

Se um leitor é capaz de ler simultaneamente múltiplas etiquetas, é necessário o uso de esquemas de coordenação que permitam que os dados das etiquetas cheguem ao leitor sem serem corrompidos. Há três tipos de técnicas utilizadas:

SDMA (Space Division Multiple Access): Nesta técnica, um canal de frequência usado numa zona é reutilizado numa outra, semelhante ao funcionamento de uma antena de telemóveis. A técnica envolve o uso de um grande número de leitores e antenas para formar uma fileira o que permitirá cobrir uma determinada área. É um processo não muito comum.

FDMA (Frequency Division Multiple Access): As etiquetas respondem a interrogações, escolhendo múltiplos canais de frequência para enviar a resposta. O leitor deverá ter a capacidade de receber os dados através de múltiplas frequências. O sistema é muito caro e é usado apenas em aplicações específicas.

TDMA (Time Division Multiple Access): É a técnica mais comum e caracteriza-se por cada etiqueta ser coordenada para enviar os dados durante um período específico de tempo. Há dois protocolos comuns que usam esta técnica:

Aloha: O protocolo Aloha baseia-se no princípio de colisão, onde várias etiquetas enviam pacotes de dados em intervalos aleatórios. Se os pacotes colidirem, a etiqueta espera um tempo aleatório e reenvia o pacote.

Árvore binária: Neste protocolo, os pacotes de dados colidem durante a transmissão, contudo o leitor resolve em cada colisão um bit de cada vez através de um algoritmo binário de procura em árvore. Cada etiqueta contém um ID associado. Um leitor especifica o intervalo de IDs que devem responder a uma interrogação, enquanto as etiquetas cujo ID não está contemplado por esse intervalo devem ficar em silêncio. Se uma colisão ocorrer é porque duas etiquetas escolheram o mesmo tempo para enviar os pacotes de dados e o leitor consegue detectar o bit exacto para o qual a colisão ocorreu. Através do uso de um sofisticado algoritmo binário de procura em árvore, o leitor é capaz de ler todas as etiquetas.

2.7.3 Processamento

O processamento é feito através do *middleware* e como este já foi apresentado anteriormente nada mais há a acrescentar relativamente a este assunto.

2.8 Comunicação e funcionamento

Este tema tem como base a bibliografia [13].

São três os modos de comunicação utilizados na comunicação entre o leitor e a etiqueta. Essa comunicação pode ser feita em full-duplex, em half-duplex e de forma sequencial.

Na comunicação em full-duplex a etiqueta e o leitor transmitem ao mesmo tempo.

Na comunicação half-duplex tanto a etiqueta como o leitor têm a sua vez de falar. Os dados transferidos da etiqueta para o leitor alternam com os dados transferidos do leitor para a etiqueta.

Nos modos de comunicação anteriores o leitor disponibiliza energia suficiente durante toda a “conversa”. Não é o caso no modo de comunicação sequencial. No modo sequencial para que a comunicação seja realizada é necessário que um dispositivo (por exemplo um condensador) armazene a energia a ser utilizada quando a transmissão do leitor cessar. A transmissão de dados da etiqueta para o leitor ocorre como uma sequência de impulsos.

A evolução temporal dos três modos de comunicação apresentados pode ser visualizada na figura 2.6.



Figura 2.6 - Representação temporal dos modos de comunicação, full-duplex, half-duplex e sequencial. A informação enviada do leitor para a etiqueta é denominada downlink, enquanto a informação transferida da etiqueta para o leitor é denominada uplink.

Os modos de comunicação, full-duplex e half-duplex, englobam o acoplamento indutivo, o acoplamento electromagnético por *backscatter*, o acoplamento magnético e o acoplamento eléctrico. O modo de comunicação sequencial engloba o acoplamento indutivo e por onda de superfície acústica (SAW).

Uma etiqueta RFID de acoplamento indutivo, visível na figura 2.7, compreende um equipamento electrónico de armazenamento de dados, normalmente um único *micro-chip*, e uma bobina de área elevada que funciona como antena. As etiquetas de acoplamento indutivo, normalmente são etiquetas passivas. Ou seja, toda a energia usada pela etiqueta (para o funcionamento do *micro-chip*) deve ser fornecida pelo leitor RFID. Para que isto seja possível a antena do leitor emite um forte campo electromagnético de alta frequência que penetra na secção transversal da bobina e nas áreas próximas à mesma. Como o comprimento da onda gerada pelo leitor é muito maior do que a distância entre o leitor e a etiqueta, esse campo electromagnético pode ser considerado como um simples campo magnético alternado que tem em consideração a distância entre a etiqueta e o leitor.

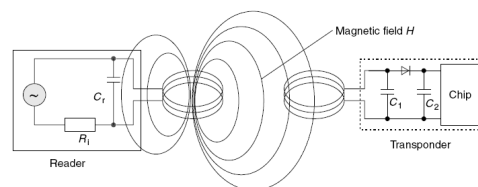


Figura 2.7 - Forma como a energia do campo magnético alternado gerado pelo leitor alimenta o transponder acoplado indutivamente

Uma pequena parte do campo emitido penetra na bobina da antena da etiqueta, que se encontra a alguma distância da bobina do leitor, gerando-lhe uma tensão. Esta tensão é rectificada e serve para alimentar o *micro-chip*. A eficiência na transferência de potência entre a bobina da antena do leitor e a da etiqueta é proporcional à frequência de funcionamento, ao número de enrolamentos, à área da bobina da etiqueta e ao ângulo e à distância entre as bobinas. Como descrito acima, os sistemas de acoplamento indutivo baseiam-se numa interacção entre a bobina do leitor e a bobina da etiqueta. Isto é verdade quando a distância entre as bobinas não excede 0.16λ . Se uma etiqueta ressonante (etiqueta com a sua própria frequência de ressonância que corresponde à frequência de transmissão do leitor) é colocada dentro do campo magnético alternado gerado pela antena do leitor, a etiqueta capta energia desse campo magnético. A realimentação induzida pela etiqueta na antena do leitor pode ser representada por uma impedância na bobina da antena do leitor. Colocando uma resistência de carga na antena da etiqueta e alternando o seu estado entre *on* e *off* provoca uma alteração nessa impedância o que altera a tensão na antena do leitor. Isto tem o efeito de uma modulação da tensão na bobina da antena do leitor, por parte da etiqueta. Se o instante em que o estado da resistência de carga é alternado entre *on* e *off* é controlado pelos dados, esses dados podem ser transferidos da etiqueta para o leitor. Este tipo de transferência de dados é chamada modulação de carga e encontra-se ilustrada na figura 2.8. Para o leitor adquirir esses dados, tem de ser feita a rectificação da tensão existente na antena do leitor, o que representa a desmodulação de um sinal modulado em amplitude.

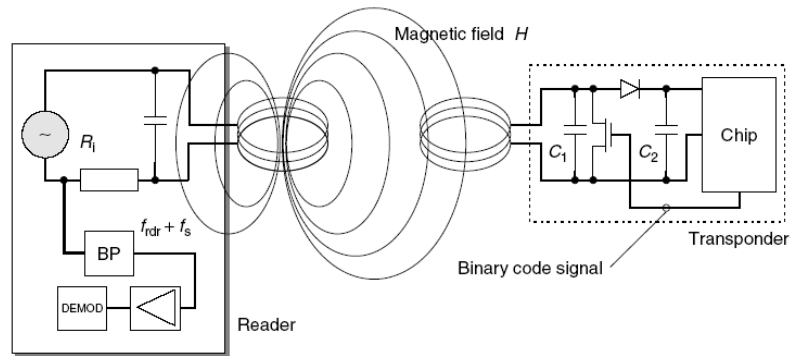


Figura 2.8 - Modulação de carga gerada no transponder

No acoplamento por *backscatter* o leitor emite um sinal, a etiqueta recebe uma pequena proporção desse sinal e reflecte-o. Para efectuar a transmissão de dados da etiqueta para o leitor é colocada, em paralelo com a antena da etiqueta, uma resistência de carga e é feita a alternância do estado dessa resistência entre *on* e *off* no instante em que a trama de dados está a ser transmitida. Pelo que, a amplitude do sinal reflectido pela etiqueta pode assim ser modulada (modulação por backscatter). O sinal reflectido pela etiqueta é irradiado para o espaço livre. Uma pequena parte desse sinal é adquirida pela antena do leitor. O sinal reflectido viaja portanto para a ligação da antena do leitor na direcção oposta e pode ser desacoplado usando um acoplador direccionado e transferido para a entrada do receptor do leitor. O leitor continua a disponibilizar energia para a etiqueta mesmo quando está a receber dados da etiqueta ou à espera que esta os envie.

Os sistemas de acoplamento magnético são projectados para raios de leitura entre 0.1 cm e 1 cm. A etiqueta é por isso inserida no leitor ou colocada numa superfície marcada para operação. A inserção ou a colocação da etiqueta no leitor permite à bobina da etiqueta estar posicionada de forma precisa na abertura do núcleo (que tem forma de anel ou de U). O aspecto funcional da bobina da etiqueta e da bobina do leitor corresponde ao de um transformador e pode ser visualizada na figura 2.9.

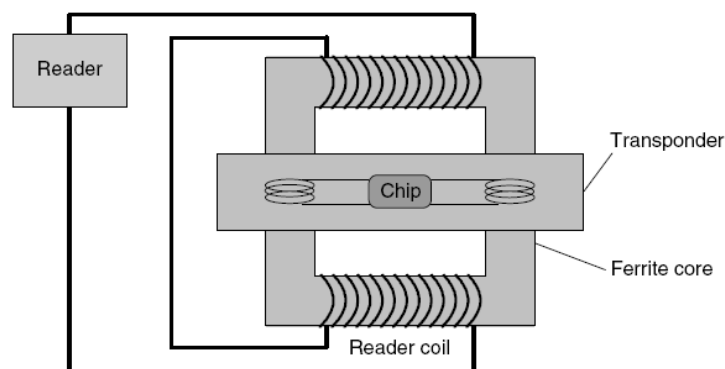


Figura 2.9 - Transponder de acoplamento magnético

O leitor representa o enrolamento do primário e a bobina da etiqueta representa o enrolamento do secundário de um transformador. Uma corrente alternada de alta-frequência no enrolamento do primário gera um campo magnético de alta-frequência no núcleo e na abertura do arranjo, que também flui através da bobina da etiqueta. Esta

potência é rectificada de forma a alimentar o chip. Devido à curta distância entre o leitor e a etiqueta, os sistemas de acoplamento fechado podem também compreender acoplamento capacitivo para transmissão de dados, estando este apresentado na figura 2.10.

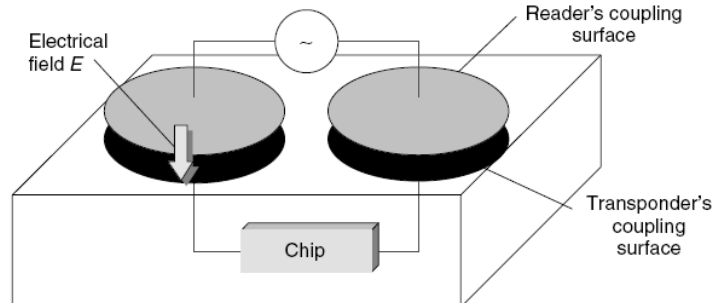


Figura 2.10 - Acoplamento capacitivo em sistemas de acoplamento magnético

Nos sistemas de acoplamento eléctrico (ou capacitivo) o leitor gera um forte campo eléctrico de alta-frequência. A antena do leitor consiste numa grande área, electricamente condutiva (eléctrodo), geralmente uma folha de metal ou um prato de metal. Se uma tensão de alta-frequência for aplicada ao eléctrodo forma-se um campo eléctrico de alta-frequência entre o eléctrodo e a massa. As tensões necessárias variam entre algumas centenas e alguns milhares de volts, e são geradas pelo leitor através de uma subida de tensão no circuito ressonante. A frequência de ressonância desse circuito ressonante corresponde à frequência de transmissão do leitor. A antena da etiqueta é feita por duas superfícies condutoras assentes num plano (eléctrodos). Se a etiqueta for colocada no interior do campo eléctrico do leitor, então cria-se uma tensão eléctrica entre os dois eléctrodos da etiqueta, que é usada para alimentar os *chips*. Neste tipo de acoplamento a transmissão de dados da etiqueta para o leitor é feita por modulação de carga (já explicada anteriormente).

Os vários métodos utilizados para efectuar a transferência de dados da etiqueta para o leitor já foram identificados e explicados nas linhas acima escritas. No entanto, nada foi dito relativamente aos procedimentos geralmente adoptados para a transmissão de dados entre o leitor e a etiqueta. Pois bem, todos os procedimentos de modulação digital conhecidos são usados para transferir dados do leitor para a etiqueta em sistemas full-duplex e half-duplex, independentemente da frequência de funcionamento ou do método de acoplamento. Existem três procedimentos básicos:

- **ASK: *amplitude shift keying*.** Tipo de modulação que representa dados digitais como variações na amplitude de uma onda portadora.
- **FSK: *frequency shift keying*.** A informação digital é transmitida através de mudanças discretas na frequência da onda portadora.
- **PSK: *phase shift keying*.** É uma forma de modulação digital que representa os dados através da alteração ou modulação da fase da onda portadora.

Devido à simplicidade da desmodulação, a maior parte dos sistemas usam modulação ASK.

Os sistemas RFID podem ser *Low-end*, *Mid-range* e *High-end*.

Os sistemas *Low-end* são os mais simples e caracterizam-se por serem sistemas em que as etiquetas presentes na área de cobertura da antena do leitor RFID (área de interrogação) são verificadas e monitorizadas. Uma etiqueta quando se encontra numa área de interrogação procede à radiodifusão do sinal.

Por este motivo, a presença de várias etiquetas RFID dentro da área de cobertura da antena do leitor deve ser cuidadosamente tratada, sendo apenas permitida quando a etiqueta é capaz de fazer o tratamento de colisões, caso contrário, a ocorrência de colisões incapacitaria a comunicação das etiquetas com os leitores. No caso dos sistemas *Low-end* as etiquetas RFID não fazem o tratamento de colisões, pelo que, deve ser colocada na área de interrogação apenas uma etiqueta de cada vez. Apesar desta limitação, este tipo de sistemas é bastante adequado a várias aplicações. Isto deve-se, em grande parte, à simplicidade do tipo de etiquetas utilizadas neste tipo de sistemas, ao facto de terem um tamanho reduzido, por não necessitarem de baterias e por terem um preço e um consumo de energia baixos. De referir ainda que as etiquetas usadas neste tipo de sistemas operam em todas as frequências e possuem um alcance relativamente amplo (graças ao baixo consumo do micro-chip). Os sistemas *Low-end* geralmente são usados onde a quantidade de dados exigida é baixa.

Os sistemas *Mid-range* são caracterizados por englobarem uma vasta gama de sistemas com memória de leitura e escrita. O tamanho das memórias vai desde alguns bytes até 100 kbyte e estas são do tipo EEPROM e SRAM.

Neste tipo de sistemas, as etiquetas conseguem processar um certo tipo de informação fazendo, por exemplo, o tratamento de colisões. Neste caso, há a possibilidade de coexistirem várias etiquetas na área de interrogação. Outra característica dos sistemas *Mid-range* é a capacidade de armazenar os processos de criptografia, de forma a autenticar a comunicação, que pode ser estabelecida em qualquer frequência disponível, entre o leitor e a etiqueta.

Os sistemas *High-end* são os mais completos. Estes caracterizam-se por estarem dotados de um microprocessador e de um sistema operativo *Smart Card (Smart Card OS)*. O microprocessador permite a implementação de melhores algoritmos de autenticação e encriptação. Até à data o melhor sistema *High-end* é o *Dual Interface Smart Card* que dispõe de um co-processador criptográfico. Os sistemas *High-end* operam exclusivamente a uma frequência de 13.56 MHz.

Um sistema RFID gera e irradia ondas electromagnéticas, pelo que, legalmente pode ser classificado como um sistema de rádio, não podendo utilizar frequências já existentes ou estar sujeito a que essas frequências afectem o seu sistema. Este facto é de suma importância, uma vez que pretende assegurar que um sistema RFID não entrará em conflito com outro sistema de rádio.

Quando várias etiquetas RFID se encontram na área de interrogação cabe aos leitores seleccionarem quais as etiquetas a ler. Se um leitor pretender operar com várias etiquetas simultaneamente terá de recorrer a equipamentos externos especializados ou usar protocolos próprios para evitar colisões. É com este intuito que os leitores a fim de lerem a informação de uma etiqueta utilizam um algoritmo apropriado, denominado *tree-walking singulation*, e que resolve possíveis colisões, processando as respostas uma a uma.

Podem ser usadas etiquetas de bloqueamento, de forma a evitar que os leitores acedam e danifiquem as etiquetas que se encontram à sua volta, através de comandos suicidas. Estas etiquetas não só mascaram as etiquetas válidas, como ainda possuem

propriedades especiais. Por exemplo, podem possuir um código de identificação e serem capazes de responder de forma determinística a todas as interrogações dos leitores, o que as torna úteis na segurança do ambiente.

As etiquetas podem ser promíscuas, atendendo os pedidos aleatoriamente, ou de forma segura, necessitando de autenticações, controlo e gestão de palavras-chave e requisitos para a distribuição de chaves seguras. As etiquetas podem estar preparadas para serem activadas ou desactivadas aquando da recepção de comandos específicos enviados pelo leitor.

Os leitores responsáveis pelas etiquetas de uma determinada área podem operar em modo automático ou em modo interactivo (que é o oposto do modo automático). No modo automático, um leitor periodicamente localiza todas as etiquetas no seu raio de operação e mantém uma lista de presenças com um determinado tempo de persistência e alguma informação de controlo. Quando uma entrada expira é removida da lista.

Frequentemente, uma aplicação distribuída necessita de etiquetas passivas e activas. As etiquetas passivas são incapazes de realizar monitorização continua e de desempenharem tarefas a pedido quando acedidas pelos leitores. São úteis quando as actividades são regulares e bem definidas, e os requisitos de armazenamento de dados e segurança são limitados. Quando os acessos são frequentes, contínuos ou imprevisíveis e quando existem restrições temporais e de processamento de dados, as etiquetas activas são preferíveis.

2.9 Normas

O texto que se segue foi escrito com base em [9].

As normas são essenciais para muitas aplicações RFID, tais como, sistemas de pagamento, sistemas de localização e sistemas de contentores reutilizáveis em cadeias abertas de abastecimento. Inúmeros esforços têm sido desenvolvidos na criação de normas para diferentes frequências e aplicações RFID.

A ISO (*International Organization for Standardization*) desenvolveu normas RFID para identificação automática e gestão de itens. Por exemplo, a ISO criou normas para localização de gado com RFID. A norma ISO 11784 define como devem ser estruturados os dados na etiqueta. A ISO 11785 define o protocolo de interface aérea. A ISO também criou uma norma para o protocolo de interface aérea para as etiquetas RFID usadas nos sistemas de pagamento e para os cartões inteligentes sem contacto (ISO 14443) e para os cartões de vizinhança (ISO 15693). Estabeleceu ainda normas para testar a conformidade das etiquetas e dos leitores RFID com uma norma (ISO 18047), e para testar o desempenho das etiquetas e dos leitores RFID (ISO 18046). Segue-se uma lista de algumas normas ISO já disponíveis.

- ISO 14223/1: Identificação de animais por radiofrequência, *transponders* avançados, interface aérea
- ISO 15693: Etiquetas Inteligentes (e.g., passaportes)
- ISO 18185: Norma industrial para selos electrónicos e para localização de contentores de carga.
- ISO 14443: Pagamentos sem contacto
- ISO 11784: Gestão de stocks em tempo real

- ISO 18000: Protocolo de interface aérea. A série ISO 18000 cobre o protocolo de interface do ar para sistemas de localização de bens numa cadeia de abastecimento. Cobrem a maior parte das frequências RFID usadas em todo o mundo. As sete partes que constituem a norma ISO 18000 são:
- 18000-1: Parâmetros genéricos para as interfaces aéreas para frequências aceites globalmente.
- 18000-2: Interface aérea para 135 kHz
- 18000-3: Interface aérea para 13.56 MHz
- 18000-4: Interface aérea para 2.45 GHz
- 18000-5: Interface aérea para 5.8 GHz
- 18000-6: Interface aérea para 860 MHz até 930 MHz
- 18000-7: Interface aérea para 433.92 MHz

O uso de RFID para localização de bens numa cadeia de abastecimento aberta é relativamente recente e poucas normas estão finalizadas. A ISO propôs várias normas para localização de contentores de 12 metros, paletes, unidades de transporte, caixas, e itens únicos, mas que estão todas em fase de aprovação.

O Auto-ID Center, responsável pelo desenvolvimento das tecnologias EPC (*Electronic Product Code*), optou por criar o seu próprio protocolo de interface aérea para localização de bens através da cadeia internacional de abastecimento. O Auto-ID center desenvolveu e licenciou o seu próprio protocolo, na condição de que este fosse disponibilizado livremente aos fabricantes e aos utilizadores. O Auto-ID center ficou ainda responsável por desenvolver uma arquitectura de rede, sendo esta uma camada integrada com a Internet, capaz de permitir a toda a gente aceder à informação associada ao número de série armazenado numa etiqueta. Esta arquitectura deveria também ser baseada em normas abertas usadas na Internet, para que as empresas pudessem facilmente e com baixo custo partilhar informação.

2.10 Aplicações

Segundo [9], o RFID pode ser usado de bastantes formas para criar valor. Neste momento a tecnologia RFID está ser usada em várias aplicações, tais como:

Localização de recursos: As empresas colocam etiquetas RFID em recursos que tendem a ser perdidos ou roubados, que são bastante utilizados e que são bastante difíceis de localizar quando são necessários.

Fabrico: As empresas estão a usar RFID na localização de peças e artigos em processo de fabrico, para reduzir defeitos, aumentar o rendimento e gerir a produção de diferentes versões do mesmo produto.

Gestão de cadeias de abastecimento: A tecnologia RFID é usada para aumentar o rendimento, reduzir erros de carregamento e diminuir custos de trabalho.

Retalho: Os retalhistas estão a usar RFID para melhorar a eficiência da cadeia de abastecimento, para ajudar a reduzir os roubos e para garantir que o inventário está actualizado.

Sistemas de pagamento: O RFID é usado, hoje em dia, para efectuar o pagamento de impostos rodoviários sem a necessidade de parar, para pagar refeições através da janela

do estabelecimento, pagamento em transportes públicos, e para pagar pequenas aquisições usando cartões sem contacto.

Controlo de acesso e segurança: O RFID há muito que é usado como chave electrónica para controlar o acesso a edifícios e áreas. Está também a ser usado para segurança de equipamentos. Os modelos mais recentes de automóveis vêm equipados com um leitor RFID na coluna de direcção.

Existem ainda muitos mais sistemas inovadores que usam RFID. Um, em particular, utiliza etiquetas activas numa pulseira, para proceder à localização de crianças em parques temáticos. A tecnologia RFID é, essencialmente, capaz de dotar os computadores com a capacidade de localizar pessoas ou objectos. Ou seja, o RFID é o portal para a localização baseada em métodos computacionais. O RFID abre todo um leque de novas áreas para desenvolvimento de aplicações.

2.11 Conclusão

O estudo dos sistemas RFID apresentado permite concluir que o sistema RFID que melhor se adapta ao SIT é o que opera às baixas frequências. Isto porque a distância de leitura necessária nunca será superior a apenas alguns centímetros, são mais baratos e não são tão susceptíveis a interferências geradas por metais e líquidos. O tipo de sistema RFID a utilizar já tinha sido escolhido pela pessoa responsável, sendo do fabricante IDTek. As características deste sistema podem ser visualizadas na figura 2.11. No entanto, foram feitas algumas pesquisas no sentido de apurar quais os melhores fornecedores do sistema RFID pretendido. Como critério de escolha considerou-se a quantidade e a qualidade de informação disponibilizada no site de cada fabricante. Aqui fica a lista que foi elaborada:

- Avonwood Developments
- Balogh
- Beigel Technology Corporation
- Deister Electronic
- Elatec
- Escort Memory Systems

Foi feito um conjunto de testes a dois sistemas RFID da IDTek, nomeadamente testou-se a leitura de várias etiquetas em várias posições relativas à antena e com esta colocada em diferentes ambientes, sendo que o leitor foi ligado via RS232 a um computador e o ID de cada etiqueta era recebido através do Hyperterminal. Os dois sistemas testados são semelhantes mas os leitores são de versões diferentes. A versão a usar como é óbvio é a mais recente, pois como os testes também revelaram esse leitor é o mais eficiente. As etiquetas são lidas mais rapidamente e a distância máxima à qual o leitor consegue ler a etiqueta é superior. A versão mais antiga demonstrou alguns problemas de leitura, nomeadamente quando a antena se encontrava próxima de objectos metálicos, além disso esse leitor não possui todos os modos de funcionamento que o leitores cuja versão é a mais recente. Já este demonstrou boa performance, pelo que não deve haver problemas relevantes quando estiver em pleno funcionamento.



GLASS TAG
Unique - 3.15x13.3

Chip type:	UNIQUE – read only 64bits		* Test conditions and remarks
Physical:	Diameter:	3.15 mm ± 0.1 mm	
	Length:	13.3 mm ± 0.4 mm	
	Weight:	0.22g	
	Material:	Glass	
	Color:	Transparent	
Electrical:	Operating frequency:	131 kHz ± 6 kHz	* At room temperature
Chemical:	Water immersion IP68		* 20°C, 24h, 1m
	Aqueous solution of salts		* 20°C, 100h
	Alcohol, oil, HLC (10%)		* 20°C, 100h
	Ammoniac		* 20°C, 100h
Mechanical:	Axial compression:	500 N	* 10s
	Radial compression:	500 N	* 10s
	Vibration	IEC 68.2.6	* 5g, 14...200Hz, 3 axis, 8h/axis
	Schock	IEC 68.2.27	* 30g, 15ms, 3 axis, 1084 times/axis
Thermal:	Storage:	-40°C to + 90°C	* 1 x 1000h
		+120°C	* 1 x 100h
	Operating	-40°C to + 85°C	
Part number:	601203		

Figura 2 11 - Etiqueta RFID da IDTek

Capítulo 3

Pesagem

Este capítulo tem como objectivo não só descrever o sistema de pesagem utilizado no protótipo como também o sistema de pesagem a utilizar no SIT. Isto porque, e como já foi referido anteriormente, o equipamento de pesagem utilizado no SIT não se encontrava disponível aquando da construção do protótipo, pelo que foi necessário encontrar um equipamento semelhante. O sistema de pesagem utilizado no SIT, sistema de pesagem “Schneider”, é constituído essencialmente por uma célula de carga ligada a uma carta de aquisição de sinal colocada no autómato, o que permite obter o peso das garrafas de forma instantânea. No protótipo utiliza-se uma balança “Sartorius”, cujo funcionamento é bastante semelhante ao do sistema descrito anteriormente. No entanto, a balança “Sartorius” envia e recebe informação através de uma comunicação série RS232. Este facto torna necessário dotar o autómato de uma carta de comunicação série para que este seja capaz de receber o peso das garrafas. Ambos os sistemas de pesagem são baseados no princípio de funcionamento de uma célula de carga.

3.1 Células de carga

Segundo [14], uma célula de carga é classificada como um transdutor de força. As células de carga mais usadas actualmente têm como elemento principal um extensómetro resistivo. Este (também designado apenas extensómetro) é um dispositivo cuja resistência varia em função do esforço a que é sujeito. De acordo com [15] um transdutor é basicamente um dispositivo que converte um determinado tipo de energia noutro tipo de energia.

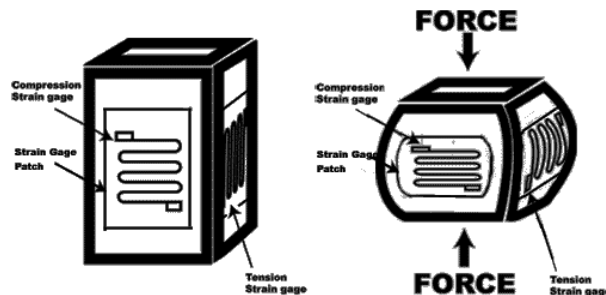


Figura 3.6 - Extensómetro resistivo [14]

Pelo que consta em [16] um extensómetro consiste numa resistência colocada num material de revestimento. Como já referido anteriormente, um extensómetro opera com base no princípio de que à medida que a resistência é sujeita a um esforço o seu valor varia de forma definida.

Se uma tira de um metal condutor for esticada ficará mais fina e longa, estas alterações resultam num aumento da resistência eléctrica. Contrariamente, se uma tira de um metal condutor for comprimida ficará mais larga e curta, resultando numa diminuição da resistência eléctrica. Se estes esforços mantiverem a tira do metal condutor dentro dos seus limites elásticos (de forma a que a tira não se deforme permanentemente), a tira pode ser usada como elemento medidor de força física. A quantidade de força aplicada é inferida através da medição da resistência da tira. Um dispositivo com estas características é denominado extensómetro resistivo.

Com o intuito de medir a resistência do extensómetro, de forma exacta, este é ligado numa ponte de Wheatstone. Essa ligação pode ser feita com a combinação de quatro extensómetros activos (ponte completa), dois extensómetros (meia ponte), ou um único extensómetro (um quarto de ponte).

A Ponte de Wheatstone é um circuito muito utilizado em medidas eléctricas, para obter o valor de uma resistência desconhecida a partir de um conjunto de outras já conhecidas e tomadas como padrão.

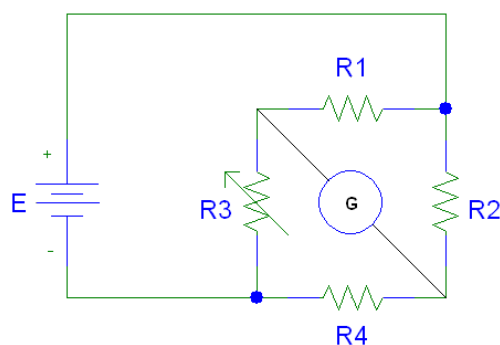


Figura 3.7 - Ponte de Wheatstone

Geralmente duas resistências são fixas (R_1 e R_2), uma é ajustável (R_3) e a quarta (R_4) é a incógnita que se pretende determinar. A ponte diz-se equilibrada quando a corrente no galvanómetro (G, instrumento que pode medir correntes eléctricas de baixa intensidade, ou a diferença de potencial eléctrico entre dois pontos), ou a diferença de potencial nos seus terminais é nula.

À medida que um esforço é aplicado ao extensómetro a resistência deste varia e desequilibra a ponte de wheatstone, resultando num sinal de saída relacionado com o esforço aplicado. Posteriormente este sinal é condicionado e amplificado. Ou seja, a força aplicada ao extensómetro é medida através do grau de desequilíbrio da ponte que por sua vez é medido por um voltímetro. Tipicamente o circuito a utilizar seria bastante semelhante ao circuito da figura seguinte:

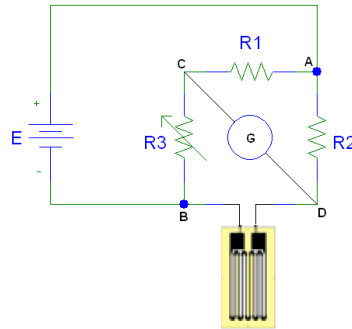


Figura 3.8 - Um quarto de ponte

A resistência R_2 tem um valor igual à resistência do extensômetro quando não lhe é aplicada força. As resistências R_1 e R_3 têm o mesmo valor. Sendo assim, na ausência de uma força aplicada ao extensômetro a ponte encontra-se simetricamente equilibrada e a diferença de potencial entre os pontos C e D será zero. À medida que o extensômetro é comprimido ou esticado a resistência diminuirá ou aumentará, respectivamente, desequilibrando a ponte e produzindo uma indicação no galvanômetro. No entanto, os fios usados para as ligações têm uma determinada resistência, o que pode influenciar o valor medido pelo galvanômetro. Além disso, a resistência do extensômetro varia com a temperatura. Com o objectivo de anular os efeitos provocados pela resistência dos fios e pela temperatura surgirão os circuitos de meia-ponte e de ponte-completa, que podem ser visualizados nas figuras seguintes:

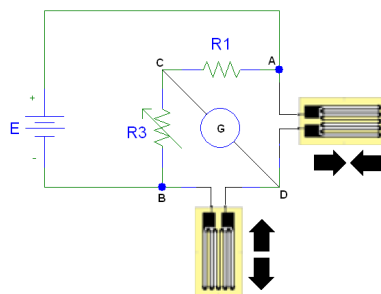


Figura 3.9 - Meia-ponte

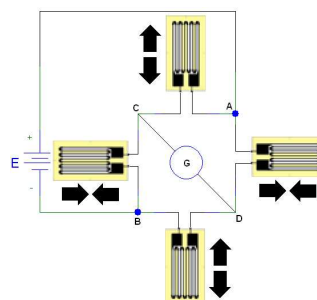


Figura 3.10 - Ponte-completa

No caso da meia-ponte, o extensômetro colocado entre os pontos A e D deve ser idêntico ao extensômetro colocado entre os pontos B e D para que estes variem da mesma forma com a temperatura mantendo a ponte equilibrada na ausência de força aplicada. O extensômetro colocado entre os pontos B e D será sujeito à acção de forças físicas

contrárias às forças aplicadas ao outro extensómetro (quando um é comprimido o outro é distendido e vice-versa), tornando a ponte mais sensível. Neste caso a resistência do fio não tem o mesmo impacto que no caso do quarto-de-ponte porque os fios que ligam os extensómetros à ponte têm aproximadamente o mesmo tamanho pelo que a resistência estática também será aproximadamente a mesma e os seus efeitos anulam-se. Existe ainda um circuito idêntico a este mas em que o extensómetro colocado entre os pontos A e D se encontra sempre em repouso não sendo sujeito a qualquer tipo de força. Serve, por isso, apenas como um dispositivo de compensação da temperatura. Este circuito é considerado como quarto-de-ponte.

A ponte-completa é ainda mais sensível do que a meia-ponte e ao contrário dos outros circuitos é um circuito linear. Numa ponte-completa a tensão de saída é directamente proporcional à força aplicada, sem aproximações, pelo que sendo possível a sua utilização a ponte-completa é a melhor solução.

De notar ainda a existência de outros tipos de células de carga, como por exemplo, as células de carga hidráulicas e pneumáticas, no entanto estas não são tão usadas como as células de carga baseadas em extensómetros.

As células de carga hidráulicas são dispositivos de equilíbrio de força e medem o peso através da análise da variação da pressão do líquido interno.

As células de carga pneumáticas também se baseiam no princípio de equilíbrio da força mas são mais exactas do que as células hidráulicas.

3.2 Sistema de pesagem utilizado no protótipo

A balança “sartorius”, visível na figura 3.6, utilizada no protótipo transmite os dados por RS232 para o autómato. Inicialmente é necessário configurar um conjunto de parâmetros, tanto na balança como no autómato, para que estes dois equipamentos sejam capazes de comunicar. A balança tem dois formatos de saída, 16 e 22 caracteres. No caso, está configurada para um formato de saída de 16 caracteres, dado que os 22 caracteres apenas acrescentam a identificação da balança, algo que é desnecessário tendo em conta o que se pretende.



Figura 3.11 - Balança “Sartorius”, consola

Com este formato e em funcionamento normal a trama enviada é composta pelo sinal (+) ou (-), seguido de um espaço em branco, dos caracteres de leitura (máx: 7 números e um ponto decimal), da unidade de medida e do CRLF. Esta balança tem vários modos de funcionamento. O principal é o modo automático com estabilidade, ou seja, a balança está constantemente a enviar o valor do peso mas só o faz quando esse valor estabiliza. A balança considera um valor como estando estável quando adquire um conjunto de valores

iguais. O número de valores iguais que a balança tem de adquirir para considerar o peso estável é configurável.

A carta integrada no autómato para a comunicação série com a balança é a “TSX SCP111”. A configuração e programação do autómato são feitas recorrendo ao *software* “Unity Pro M”. Pelo que, a configuração da carta “TSX SCP111” é feita através da janela ilustrada na figura 3.7. Na aba *Flow control* é definido o controlo de fluxo para que este não seja feito. A paragem da recepção de caracteres é configurada na aba *Stop on reception* para acontecer aquando da recepção do primeiro CR (*carriage return*). Definem-se ainda os parâmetros típicos de uma comunicação série, como é o caso da velocidade de transmissão, quantidade de dados, número de *stop bits* e paridade, cujos valores deverão ser os mesmos que os atribuídos na configuração da balança.

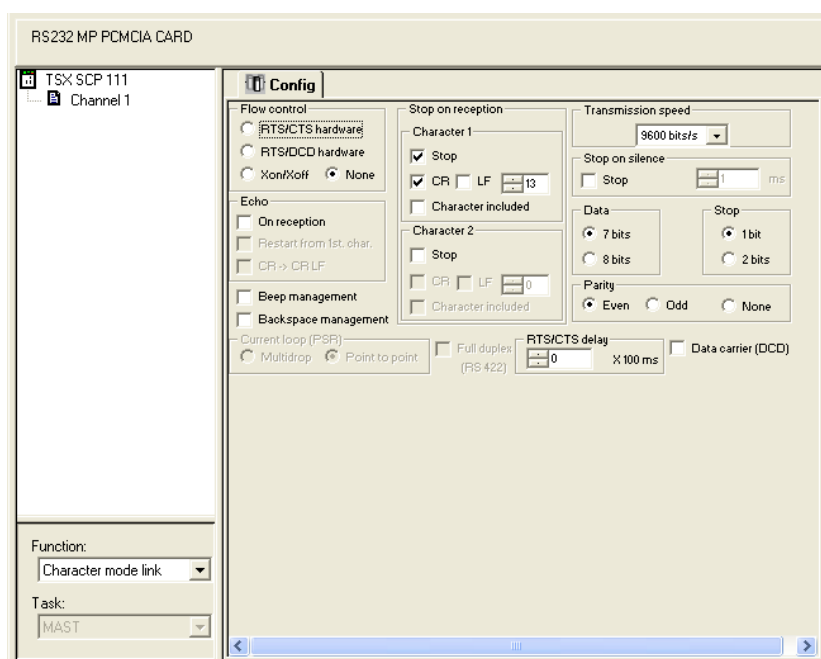


Figura 3.12 - Janela de configuração da carta TSX SCP 111.

Uma das formas de adquirir a trama enviada pela balança é com a função “Input_char”. Esta função tem como parâmetros de entrada o endereço onde a carta se encontra (*address*), uma variável usada para fazer o *reset* do *buffer* (*Reset*) e o tamanho da *string* ou número de caracteres que vão ser recebidos. Tem como parâmetros de entrada/saída um *Array* de inteiros, manipulado pelo autómato de forma a gerir a troca de dados e tem como parâmetros de saída uma *string* que irá conter os dados recebidos.

Esta balança também recebe dados do autómato. Para envio de dados uma das possibilidades é utilizar a função “Print_char”. Esta função tem como parâmetros de entrada o endereço onde a carta se encontra (*address*) e a “string” que contém os caracteres a enviar. Tem como parâmetros de entrada/saída um *Array* de inteiros, manipulado pelo autómato de forma a gerir a troca de dados. A trama a enviar para a balança deve ter o seguinte formato, '\$1B...\$N', onde os três pontos devem ser substituídos pelo conjunto de caracteres correspondentes à acção pretendida. Esses caracteres são detalhados no manual da balança.

3.3 Sistema de pesagem a utilizar no SIT

A pesagem das garrafas será efectuada por um sistema de pesagem (figura 3.9) que engloba um módulo de pesagem (carta integrada no autómato), TSX ISP Y101, um painel TSX XBT N410 (ligado ao modulo de pesagem e responsável por mostrar o peso das garrafas) e sensores de pesagem.

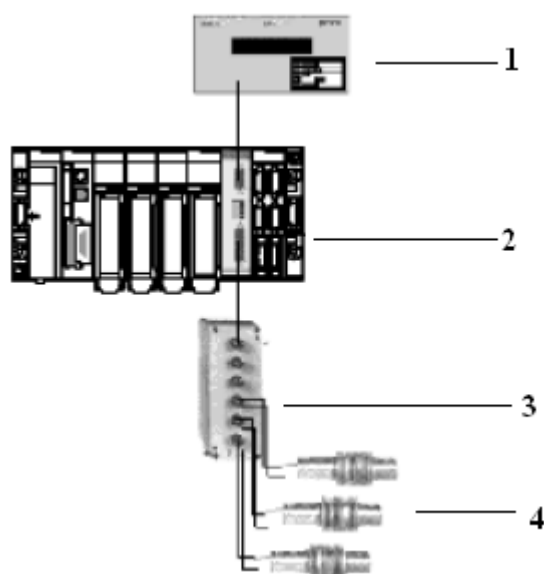


Figura 3.9 - Esquema do sistema de pesagem. 1 - TSX XBT N410, 2 - TSX ISP Y101, 3 - Caixa de junção, 4 - Sensores de pesagem.

O controlo deste sistema de pesagem é bastante mais intuitivo e fácil do que o controlo da balança “Sartorius”. A janela que permite a configuração do módulo de pesagem é ilustrada na figura 3.10.

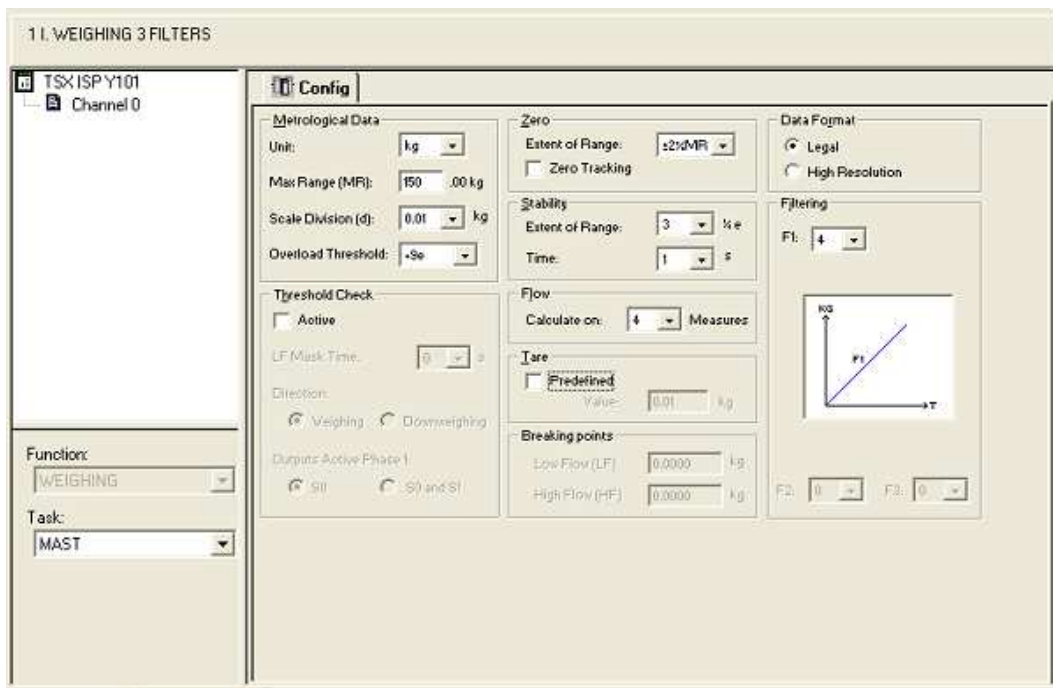


Figura 3.10 - Parâmetros de configuração do módulo de pesagem.

Destaca-se a capacidade deste sistema de pesagem funcionar de forma autónoma, mesmo com a ausência de um programa de controlo. Isto porque o sistema quando é montado fica apto a pesar as garrafas e a mostrar o peso no monitor. No entanto, caso haja a necessidade de disponibilizar esse peso para que este possa ser usado noutros dispositivos ou caso haja a necessidade de configurar dinamicamente o sistema de pesagem, é necessário ser desenvolvido um programa.

Os registos onde são armazenados os valores numéricos transmitidos pela função de pesagem são apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Tabela dos valores numéricos de pesagem.

Símbolo	Endereço	Significado
IODT_VAR1.WEIGHT	%ldr.m.0.0	peso
IODT_VAR1.FLOW_RATE	%ldr.m.0.2	fluxo
IODT_VAR1.MEASURE_DATA	%ldr.m.0.4	estado da medição
IODT_VAR1.TARE	%ldr.m.0.5	tara
IODT_VAR1.OFFSET_MEM_VAL	%ldr.m.0.7	memória de recalibração

3.4 Conclusão

Como se depreende dos tópicos apresentados a parte mais importante dos sistemas de pesagem é a célula de carga. No caso do SIT esta será colocada em cima de um elevador e sob uma plataforma capaz de elevar a garrafa acima do tapete. A célula de carga converte uma deformação mecânica numa resistência e essa resistência é posteriormente associada a um valor que corresponde ao peso da garrafa. Em ambos os sistemas de pesagem abordados o valor do peso é adquirido numa variável do autómato. No caso do sistema de pesagem “Schneider” esta é uma variável do tipo inteiro pelo que não precisa de ser

convertida para que mais tarde possa ser utilizado no cálculo de outros valores. No caso do sistema de pesagem “Sartorius” como a trama é recebida numa variável do tipo “string” é necessário proceder a algumas conversões para colocar o peso numa variável do tipo “int”. O tratamento da trama e essas conversões serão abordados em pormenor no capítulo 4. É possível dinamicamente reconfigurar e alterar os modos de funcionamento dos sistemas de pesagem bem como os valores das variáveis envolvidas no processo. No caso do sistema “Sartorius” isso pode ser feito através do envio de tramas. Estas tramas consistem num conjunto de caracteres, estipulados pelo fabricante, enviados sequencialmente, como, e.g., “ESC ... CR LF”, onde as reticências são substituídas por um ou mais caracteres referentes à acção pretendida. Para o sistema “Schneider” basta actuar nas variáveis identificadas na tabela 3.1.

Capítulo 4

Protótipo

A fim de testar o SIT e pelas razões já enunciadas procedeu-se à montagem de um protótipo. Neste capítulo descreve-se esse protótipo. São apresentados os subsistemas constituintes, os procedimentos requeridos para a implementação das interfaces eléctricas e de comunicação entre eles, e os processos de reconfiguração e calibração.

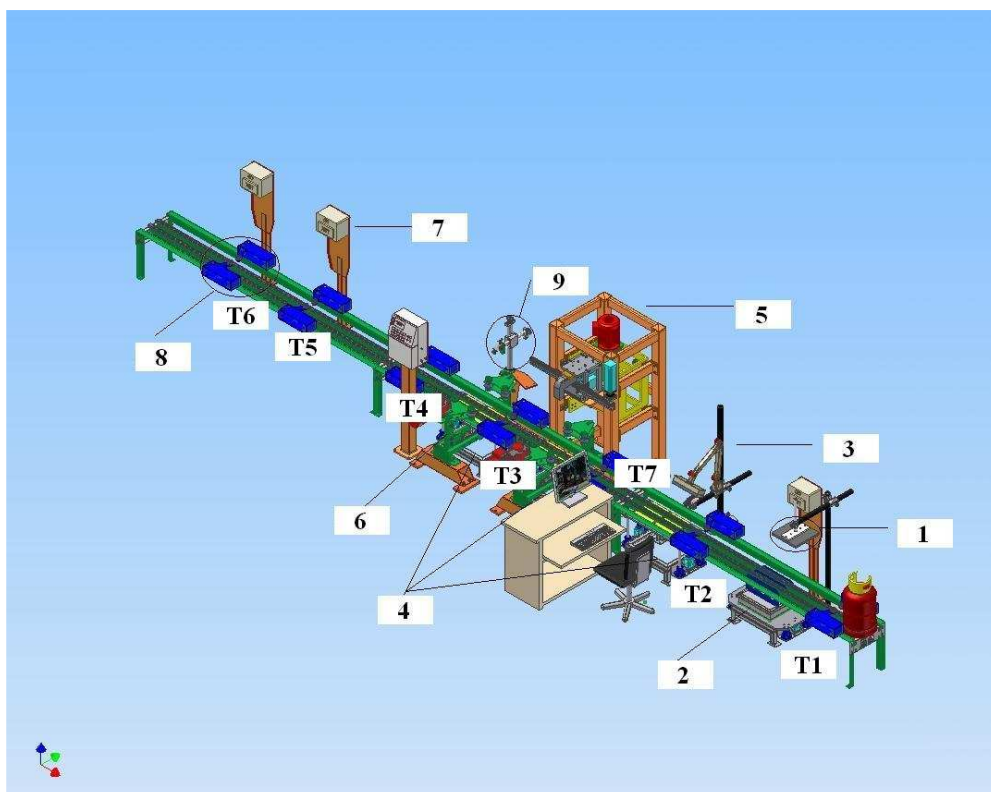


Figura 4.1 - Sistema de Impressão e Tareamento. A garrafa entra pela direita, passa sob a antena RFID (1), é elevada pelo sistema de elevação (4) e pesada pela balança (2), adquire-se o número de série com auxílio de uma câmara (3), faz-se a gravação através da máquina de gravação (5), usa-se o sistema de fixação (6) para fixar e posicionar a garrafa e finalmente faz-se a pintura através da pistola de pintura (9). O deslocamento das garrafas é controlado pelos travões (8) e as consolas (7) permitem a troca de informação do autómato com o operador.

O protótipo é constituído por uma balança, uma antena RFID, um autómato e um PC Industrial e abrange todas as etapas do SIT. Não existe nenhum tapete rolante a transportar as garrafas, nem estas serão de facto usadas. Os detectores são emulados por

botões ligados à carta de entradas digitais, existindo um botão por cada detector. Os botões têm dois estados, fechado e aberto. Um botão fechado emula a detecção de uma garrafa por parte do detector que lhe está associado. O fluir das garrafas ao longo da linha de produção é emulado pelo accionamento destes botões. Para emular a passagem de garrafas pela antena RFID são colocadas diferentes etiquetas RFID, uma de cada vez, junto à mesma. O peso das garrafas é simulado pela colocação de diferentes pesos, de valor aproximado, na balança.

4.1 Constituição e funcionalidade do sistema

O controlo do SIT é efectuado por um único autómato, sendo este o centro de todo o sistema. Recebe como entradas os sinais gerados pelos vários sensores e detectores, bem como a informação enviada pela balança, pelo leitor RFID, e pelo PC Industrial. Actua sobre os travões, transmite informação para a balança, para o leitor RFID, para o PC industrial e para o sistema de pintura, controlando ainda, através de sinais digitais, o sistema de gravação.

O leitor RFID é responsável por transmitir ao autómato a informação armazenada nas etiquetas RFID incrustadas nas garrafas de gás. Cada etiqueta RFID possui um ID (número de identificação próprio) e, em princípio, não há duas etiquetas com o mesmo ID. A antena é posicionada no início do processo de fabrico de modo a que as garrafas passem sob ou sobre a mesma, consoante a etiqueta RFID esteja colocada na parte superior ou inferior da garrafa, pois a distância máxima possível entre a etiqueta e o leitor é reduzida.

A balança é constituída por um módulo de pesagem (carta TSX ISP Y101 integrada no autómato), um terminal (TSX XBT N410) responsável por mostrar o peso das garrafas vazias, e uma plataforma constituída por vários sensores de pesagem, cujo funcionamento é semelhante ao de uma célula de carga.

O PC industrial, através de um sistema de supervisão e controlo (SCADA), permite ao operador interagir com o processo, nomeadamente inserir os números de série das garrafas na base de dados, definir o modo de funcionamento do sistema, e visualizar eventuais erros e defeitos de fabrico.

O SIT é constituído por seis etapas:

- 1ª. Identificação
- 2ª. Pesagem
- 3ª. Catalogação
- 4ª. Gravação
- 5ª. Pintura

A primeira etapa, Identificação, consiste na leitura da etiqueta RFID que se encontra colocada em cada garrafa. O acesso das garrafas a esta etapa é condicionado pelo travão T1 que abre ou fecha consoante a Identificação e a Pesagem estão ou não disponíveis. Os travões são controlados pelo autómato de forma a gerir o deslocamento das garrafas ao longo de todo o processo. Quando uma garrafa passa pela antena, o leitor RFID recebe o ID da etiqueta que se encontra na garrafa e envia-o para o autómato. Não existe nenhum travão posterior a esta etapa.

Na segunda etapa, Pesagem, procede-se à pesagem. Quando uma garrafa, cujo ID foi correctamente adquirido, chega ao local, o autômato acciona o sistema de pesagem para levantar a garrafa acima do tapete rolante e adquirir o seu peso. Essa aquisição é feita quando a balança estiver estabilizada. Se o valor adquirido for válido, o sistema de elevação desce e, no caso de a próxima etapa estar livre, o travão T2 abre.

Se por qualquer motivo o autômato, na etapa anterior, não tiver recebido um ID válido o sistema de pesagem manter-se-á em baixo, ficando a garrafa retida no travão T2, que não abrirá mesmo que a próxima etapa esteja disponível.

A terceira etapa, Catalogação, consiste na identificação e armazenamento do número de série. Essa identificação é feita por um operador, que visualiza o número de série e o introduz no PC industrial. Este último encarrega-se de o registar na base de dados. Se a próxima etapa estiver disponível e o número introduzido pelo operador for válido, o travão T3 abre.

Na quarta etapa, Gravação, é gravada a informação requisitada pelo cliente. No máximo são feitas duas gravações. A base dos valores das gravações é sempre o peso da garrafa obtido na pesagem. A esse valor pode ser somado ou subtraído o peso dos acessórios, o mesmo acontecendo para o peso do revestimento, e para o peso do gás. Para efectuar a gravação são usados punções com valores pré-definidos.

A quinta etapa é responsável pela impressão da restante informação. Essa informação é em tudo semelhante à da gravação, acrescida do ano de reteste e do ano de fabrico da garrafa.

4.2 Autômato

O autômato utilizado é baseado num processador TSX P571634, duas cartas TSX SCP111 (de forma a permitir a comunicação via RS232 com a balança e com a antena RFID, estando a primeira colocada na carta do processador e a segunda colocada numa carta TSX SCY21601), num módulo de alimentação TSX PSY2600, num módulo TSX SCY21601 (onde será incorporada a segunda carta TSX SCP111) e numa carta de entradas TSX DEY16D2 (onde está ligado um conjunto de botões, para emular o sinal dos detectores), colocados num bastidor extensível TSX RKY12EX. A configuração e a programação do autômato são feitas através do *software* “Unity Pro M”.

4.2.1 Configuração

A configuração do autômato é iniciada pela configuração das cartas TSX SCP111. Definiu-se o tipo de ligação como modo de caracteres, o número de bits de dados, o número de bits de paragem, a paridade e a velocidade de transmissão (figura 4.1). Estes são os parâmetros mais importantes numa comunicação RS232. Existem no entanto outros parâmetros também de grande relevância que são os que definem a paragem da recepção de dados. No caso da recepção dos dados enviados pela balança esta deve parar quando for recebido um CR (*carriage return*) pela primeira vez. No caso da recepção dos dados enviados pela antena RFID esta deve cessar aquando da segunda recepção de um CR. Isto porque, segundo a informação disponibilizada pelos respectivos fabricantes, a trama enviada pela balança termina com CR mais LF, não se encontrando mais nenhum CR ao

longo da trama, e a trama enviada pela antena RFID é composta basicamente pela identificação da antena seguida de um CR, da identificação da etiqueta e de um outro CR.

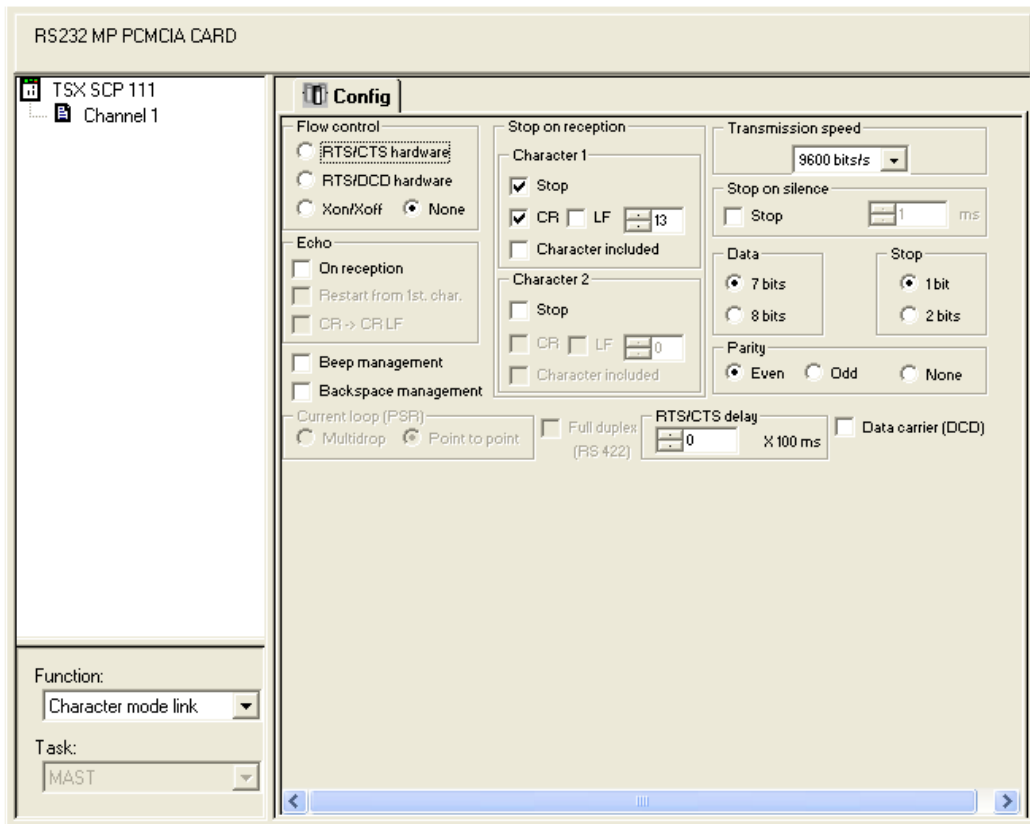


Figura 4.2 - Configuração da carta TSX SCP111

Dada a opção de realizar a comunicação do autômato com o PC Industrial, nomeadamente através da porta Ethernet acoplada ao módulo de processamento, é necessário criar e configurar uma ligação de rede (figura 4.3).

A configuração da ligação de rede assenta essencialmente na atribuição de um endereço IP ao autômato, devendo este estar de acordo com o endereço IP atribuído ao PC Industrial. A rede Ethernet partilhada por estes dois equipamentos é gerida por um *Switch*. Sendo assim ao autômato foi atribuído o endereço 131.107.5.15 e ao PC Industrial o 131.107.5.16.

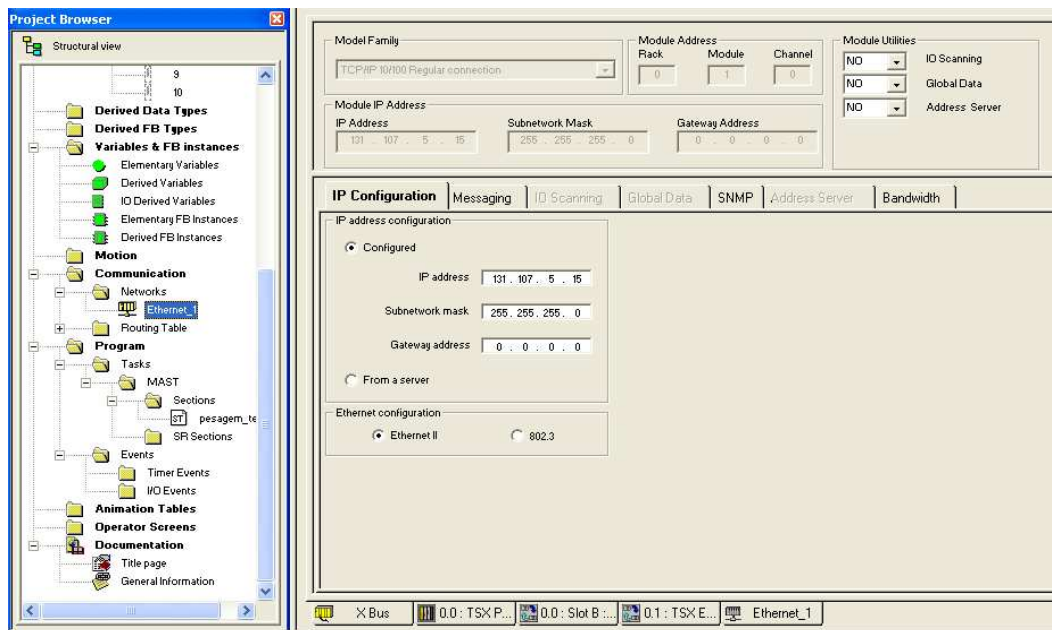


Figura 4.3 - Ligação de rede

Resta configurar a carta de entradas à qual estão ligados os botões representativos dos vários detectores distribuídos ao longo do processo de fabrico. O primeiro detector não é verdadeiramente um detector, pois as garrafas chegam todas juntas e com um dispositivo desse tipo é impossível saber quando uma garrafa passa o travão T1. É sim um fim-de-curso, cujo tamanho será tal que permitirá detectar a chegada da garrafa e a partida da mesma. Isto porque haverá um espaço vazio entre as garrafas, mesmo quando estas estão juntas, pois o seu formato é circular. Nas restantes etapas é colocado um detector por cada uma e no local exacto onde estas são executadas. No final é colocado um detector junto ao travão T5. São, por isso, utilizados cinco detectores e um fim-de-curso. A janela de configuração das entradas do autômato, visível na figura 4.4, permite atribuir aos endereços respectivos o nome concordante com o que representam.

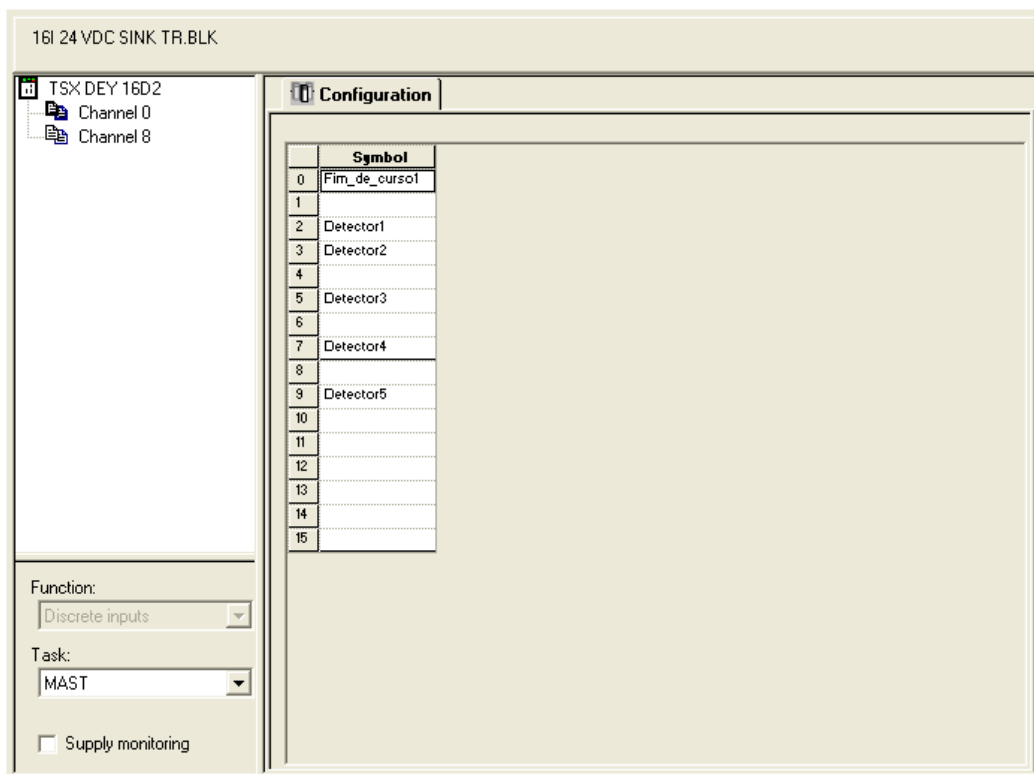


Figura 4.4 - Configuração da carta “TSX DEY16D2”

4.2.2 Programação

O programa desenvolvido para o autómato está dividido em várias secções, todas elas escritas na linguagem ST (texto-estruturado). Existe uma secção por cada etapa e algumas auxiliares. No total são oito secções: RFID, Pesagem, Catalogação, Gravação, Pintura, Reiniciar, N_serie, Temporizador, Peso e Erros. A criação de várias secções em nada afecta o desenrolar do programa, uma vez que o autómato está constantemente a ler as entradas, “correr” o programa e escrever nas saídas.

Para que o leitor melhor perceba o programa desenvolvido e o que este deverá fazer foi criado um fluxograma que pode ser visto na figura 4.5. Este fluxograma não representa exactamente o programa desenvolvido para o autómato, apenas transmite uma ideia sobre o que de facto acontece.

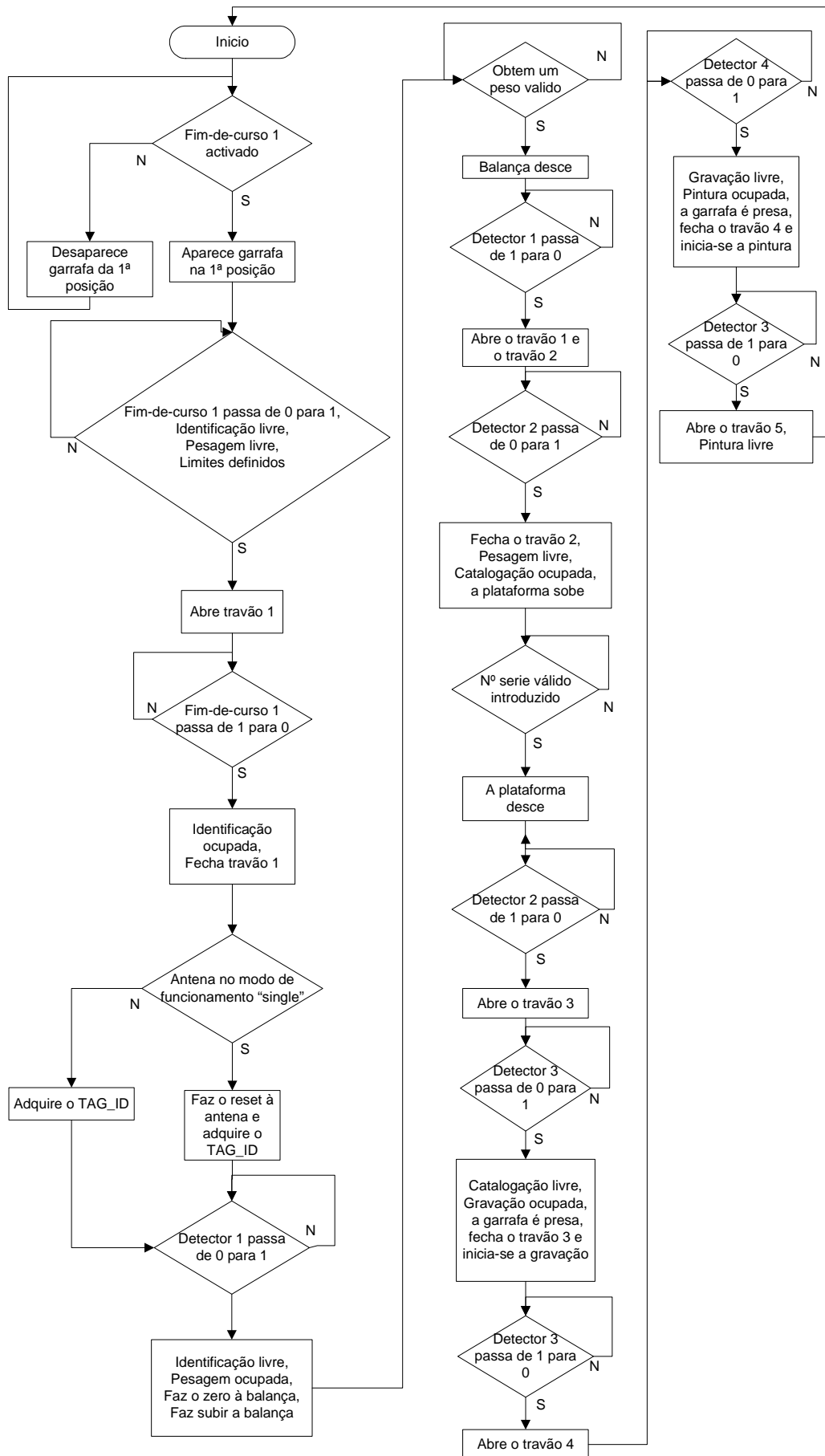


Figura 4.5 - Fluxograma representativo do programa desenvolvido para o autômato

A secção RFID é responsável por iniciar o processo. Para isso é necessário verificar a ocorrência de algumas situações, nomeadamente, o processo só pode ser iniciado após ter sido completamente configurado (algo que é feito através do SCADA). Além disso nesta secção também é gerido o acesso das garrafas à primeira etapa. O travão T1 só abre quando os postos de Identificação e Pesagem estão disponíveis e o sinal do fim-de-curso passa de “0” para “1”. Este travão é fechado quando a garrafa passa completamente, ou seja, quando o sinal do fim-de-curso passa de “1” para “0”. Nesta altura inicia-se a Identificação.

```

if(identificacao=false and pesagem=false and RE(Fim_de_cursol)
and limites_n_serie_indefinidos=false and limites_peso_definidos and
configuracao_gravacao_valida and configuracao_pintura_valida) then
    abrir_travaol:=true;
end_if;
if FE(Fim_de_cursol) then
    abrir_travaol:=false;
    if FE(abrir_travaol) then
        identificacao:=true;
    end_if;
end_if;

```

Uma vez iniciada a identificação é necessário averiguar qual o modo de funcionamento actual da antena RFID. Esta tem três modos de funcionamento, Automático, Único e Contínuo, e o modo de funcionamento é escolhido pelo operador através do SCADA. No modo Automático a antena só envia o ID da etiqueta se este for diferente do anterior. No modo Único é necessário fazer o *reset* à antena para que esta envie o ID da etiqueta. Finalmente, no modo Contínuo a antena está constantemente a enviar o ID da etiqueta que se encontra na sua área de interrogação. Isto porque, no caso de a antena estar no modo Único é necessário proceder ao seu *reset* antes de a garrafa passar pela sua área de interrogação. Em seguida é feita a aquisição da trama enviada pela antena. A aquisição é feita até que a trama recebida seja considerada válida. Como o ID da etiqueta é recebido numa variável do tipo string é necessário converter essa variável para um *array* de caracteres ASCII para que se possa inferir sobre a validade da trama. O SCADA quando recebe uma variável do tipo string por definição troca o 1º caractere com o 2º, o terceiro com o 4º e assim sucessivamente. É, por isso, necessário fazer essa mesma troca na variável disponibilizada pelo autómato para que esta depois seja correctamente apresentada pelo SCADA. Para trocar o 1º caractere com o 2º e fazer o mesmo com os outros caracteres basta, depois de feita a conversão de string para ASCII, proceder a uma rotação para a esquerda de oito posições do conteúdo de cada posição do *array*.

```

if(identificacao) then
    if leitura_rfid=false then
        if identificacao_unica and reset_antena=false then
            enviar_comando_reset_antena:='$1BR$N';
            PRINT_CHAR (ADR := ADDR('0.2.1.SYS'),
                EMIS := enviar_comando_reset_antena,

```

```

        GEST := relatorio_envio_reset_antena);
        reset_antena:=true;
    end_if;
    INPUT_CHAR (ADR := ADDR('0.2.1.SYS'),
        RAZ := 1,
        NB := 0,
        GEST := Relatorio_rfid,
        RECP => ID_tag_recebido);(*função que recebe o tag_ID
enviado pela antena RFID*)
    end_if;
    ID_tag_ascii:=STRING_TO_ASCII(ID_tag_recebido);(*passa a
string que contem o tag_ID para um array de caracteres ASCII*)
    if not(ID_tag_ascii[9]=0) and ID_tag_ascii[0]=16#2B30 and
ID_tag_ascii[1]=16#332A and ID_tag_ascii[2]=16#3031 then
        estado_antena:=false;
        leitura_rfid:=true;
        (*para a string ser correctamente mostrada no PC
Industrial o 1º carácter
de cada posição tem que estar trocado com o 2º carácter)
        ID_tag_ascii[0]:=rol(ID_tag_ascii[0],8);
        ID_tag_ascii[1]:=rol(ID_tag_ascii[1],8);
        ID_tag_ascii[2]:=rol(ID_tag_ascii[2],8);
        ID_tag_ascii[3]:=rol(ID_tag_ascii[3],8);
        ID_tag_ascii[4]:=rol(ID_tag_ascii[4],8);
        ID_tag_ascii[5]:=rol(ID_tag_ascii[5],8);
        ID_tag_ascii[6]:=rol(ID_tag_ascii[6],8);
        ID_tag_ascii[7]:=rol(ID_tag_ascii[7],8);
        ID_tag_ascii[8]:=rol(ID_tag_ascii[8],8);
        ID_tag_ascii[9]:=ID_tag_ascii[9] or
2#0000000011111111;(* dado que na ultima posição do array está o
ultimo carácter seguido de CR+LF é necessário usar máscaras para
manipular essa posição do array de forma a ter um espaço seguido do
carácter, para que no pci se tenha o carácter seguido de espaço e
uma vez que aquando da conversão de um array ascii para uma string
quando surge o CR+LF a string é terminada e os caracteres que se
seguem são ignorados*)
        ID_tag_ascii[9]:=ID_tag_ascii[9] and 2#1111111100100000;
        ID_tag_ascii[9]:=rol(ID_tag_ascii[9],8);

        ID_tag_pci_identificacao:=ASCII_TO_STRING(ID_tag_ascii);(*pass
a o array de caracteres ASCII novamente para uma string*)
    else
        ID_tag_pci_identificacao:='0';
        estado_antena:=true;
        leitura_rfid:=false;
    end_if;

```

```
end_if;
```

Além disso o modo de funcionamento da antena RFID é realmente modificado pelo autômato, apesar de essa ordem ser dada pelo operador através do SCADA. É portanto necessário verificar se o operador requisitou a mudança do modo de funcionamento da antena e qual o modo escolhido. Para isso são usadas quatro variáveis, uma por cada modo de funcionamento e uma que simboliza o pedido da alteração do mesmo. De referir que existem variáveis que são partilhadas pelo autômato e pelo SCADA, podendo qualquer um destes alterar o seu valor, variáveis que apenas são da responsabilidade do autômato e o mesmo acontecendo com o SCADA.

```
if (identificacao_mf_alterar and identificacao_automatica) then
    enviar_comando_mdauto_antena:='$1BKLMA$N';
    PRINT_CHAR (ADR := ADDR('0.2.1.SYS'),
        EMIS := enviar_comando_mdauto_antena,
        GEST := relatorio_envio_mdauto_antena);
    identificacao_mf_alterar:=false;
end_if;
if (identificacao_mf_alterar and identificacao_continua) then
    enviar_comando_mdcont_antena:='$1BKLMD$N';
    PRINT_CHAR (ADR := ADDR('0.2.1.SYS'),
        EMIS := enviar_comando_mdcont_antena,
        GEST := relatorio_envio_mdcont_antena);
    identificacao_mf_alterar:=false;
end_if;
if (identificacao_mf_alterar and identificacao_unica) then
    enviar_comando_mdsingle_antena:='$1BKLME$N';
    PRINT_CHAR (ADR := ADDR('0.2.1.SYS'),
        EMIS := enviar_comando_mdsingle_antena,
        GEST := relatorio_envio_mdsingle_antena);
    identificacao_mf_alterar:=false;
end_if;
```

Na secção Pesagem é gerido todo o processo de pesagem. Começa-se por analisar o sinal enviado pelo Detector D1, que se passar de “0” para “1” indica a chegada de uma garrafa ao local onde se encontra a balança. Se a identificação tiver sido realizada com êxito inicia-se o processo de pesagem que começa com a colocação da balança a zero através do envio da trama, \$1BkZE_\$N. O ID que anteriormente estava na etapa de Identificação passa agora para a etapa de pesagem. À medida que uma garrafa percorre o processo de fabrico, os dados a ela relativos e que vão sendo recolhidos ao longo das etapas, acompanham-na e são apresentados no SCADA. Por exemplo, quando uma garrafa se encontra no processo de Identificação o ID da etiqueta que lhe corresponde é apresentado no SCADA no respectivo campo inerente a esta etapa, posteriormente quando a garrafa chega à pesagem esse campo fica vazio e o ID que anteriormente aí estava é colocado num outro campo, inerente à Pesagem. No entanto, uma garrafa não pára na identificação. Quando passa pela antena, o ID da etiqueta que lhe corresponde é

adquirido. Considera-se que uma garrafa após passar o travão T1 e enquanto não chegar à pesagem se encontra na Identificação.

```

if RE(Detector1) and not(ID_tag_pci_identificacao='0') then
    identificacao:=false;
    pesagem:=true;
    leitura_rfid:=false;
    reset_antena:=false;
    ID_tag_recebido:='0';
    enviar_comando_zero_balanca:='$1BkZE_$N';
    PRINT_CHAR (ADR := ADDR('0.0.1.SYS'),
        EMIS := enviar_comando_zero_balanca,
        GEST := relatorio_envio_zero_balanca);
    balanca_sobe:=true;
    Tempo:=t#5s;
    iniciar_timer:=true;
end_if;
if pesagem and ID_tag_pci_pesagem='0' then
    if(trocar_id=false) then
        ID_tag_pci_pesagem:=ID_tag_pci_identificacao;
        trocar_id:=true;
    end_if;
    ID_tag_pci_identificacao:='0';
end_if;

```

Como o peso é armazenado numa variável do tipo string e é necessário ter esse valor numa variável do tipo inteiro pelos motivos já anteriormente explicitados, procede-se à conversão dessa string para um array de caracteres ASCII (à semelhança do que acontece com a variável onde é armazenado o ID da etiqueta). Em seguida cada caractere é isolado (pois cada posição do array contem dois caracteres) e é feita a conversão de BCD para inteiro. Ao número resultante é subtraído 30, obtendo-se o número real. Por exemplo o carácter “2” dará origem ao número 2. Em seguida multiplica-se o número obtido por um factor que definirá se esse algarismo é o das dezenas, das centenas, etc. pelo que o peso será explicitado em decagramas.

```

if(balanca_sobe) then
    P1:=Peso_ascii[2];
    P1:=P1 and 2#1111111100000000;
    P1:=rol(P1,8);
    P1:=bcd_to_int(P1);
    P1:=(P1-30)*10000;
    P2:=Peso_ascii[3];
    P2:=P2 and 2#1111111100000000;
    P2:=rol(P2,8);
    P2:=bcd_to_int(P2);
    P2:=(P2-30)*1000;

```

50 - Protótipo

```
P3:=Peso_ascii[3];
P3:=P3 and 2#0000000011111111;
P3:=bcd_to_int(P3);
P3:=(P3-30)*100;
P4:=Peso_ascii[4];
P4:=P4 and 2#1111111100000000;
P4:=rol(P4,8);
P4:=bcd_to_int(P4);
P4:=(P4-30)*10;
P5:=Peso_ascii[4];
P5:=P5 and 2#0000000011111111;
P5:=bcd_to_int(P5);
P5:=(P5-30);
Peso:=P1+P2+P3+P4+P5;
(*para a string ser correctamente mostrada no PC Industrial o
1º caractere de cada posição tem que estar trocado com o 2º
caractere)
Peso_ascii[1]:=rol(Peso_ascii[1],8);
Peso_ascii[2]:=rol(Peso_ascii[2],8);
Peso_ascii[3]:=rol(Peso_ascii[3],8);
Peso_ascii[4]:=rol(Peso_ascii[4],8);
Peso_ascii[5]:=rol(Peso_ascii[5],8);
Peso_ascii[6]:=rol(Peso_ascii[6],8);
Peso_pci_pesagem:=ASCII_TO_STRING(Peso_ascii);(*passa o array
de caracteres ASCII novamente para uma string*)
end_if;
```

Além disso, a passagem do peso de “string” para inteiro permite averiguar a validade desse peso, nomeadamente se este se encontra dentro dos limites definidos pelo operador, através do SCADA, aquando da configuração do processo de fabrico. A própria balança infere acerca da sua estabilidade, no entanto, quando é dada a ordem para subir a plataforma é iniciado um temporizador. Quando este atinge cinco segundos é guardado o peso obtido. Qualquer alteração a esse peso que seja posterior aos cinco segundos é ignorada. A plataforma só desce se o peso adquirido for considerado válido.

```
if(peso>=peso_minimo and peso<=peso_maximo and tempo_decorrido)
then
    peso_valido:=true;
    iniciar_timer:=false;
    estado_balanca:=false;
end_if;
if peso<peso_minimo and tempo_decorrido or peso>peso_maximo and
tempo_decorrido then
    estado_balanca:=true;
    peso_valido:=false;
end_if;
```



```

if(peso_valido) then
    balanca_sobe:=false;
    balanca_desce:=true;
end_if;

```

Quando o detector D1 passar de “1” para “0” e o posto de catalogação estiver livre o travão T1 e T2 são abertos. Permitindo, por um lado, o início do processo de fabrico para uma nova garrafa e por outro o continuar do processo para a garrafa que acabou de ser pesada.

```

if (FE(Detector1)and peso_valido and identificacao=false and
limites_n_serie_indefinidos=false and limites_peso_definidos) then
    trocar_id:=false;
    peso_valido:=false;
    pesagem:=false;
end_if;
if FE(Detector1) and catalogacao=false then
    abrir_travao1:=true;
    abrir_travao2:=true;
end_if;

```

Dado que a balança permite o uso de duas unidades de pesagem diferentes, kg e lb, deu-se ao operador a possibilidade de seleccionar a unidade de pesagem através do SCADA. Quando o operador selecciona a unidade de pesagem pretendida o autômato recebe essa indicação, verifica qual a unidade de pesagem actual e se for diferente da pretendida realiza a mudança. No entanto, sempre que a balança é desligada e ligada novamente define sempre a unidade de pesagem como kg. Se no SCADA foi definida para lb a actualização da balança deve ser efectuada, o mesmo acontecendo no caso de alguém alterar a unidade de pesagem directamente na balança. A mudança da unidade é feita através do envio da trama, \$1BkF1_\$N.

```

if (pesagem_unidade) then
    if
        (peso_ascii[5]=16#206B
        pesagem_unidade_alterada=false)then
        enviar_comando_fn_balanca:='$1BkF1_$N';
        PRINT_CHAR (ADR := ADDR('0.0.1.SYS'),
        EMIS := enviar_comando_fn_balanca,
        GEST := relatorio_envio_fn_balanca);
        pesagem_unidade_alterada:=true;
    end_if;
    if peso_ascii[5]=16#206C then
        pesagem_unidade_alterada:=false;
    end_if;
end_if;
if (pesagem_unidade=false) then

```

```

        if                                     (peso_ascii[5]=16#206C          and
pesagem_unidade_alterada=false)then
            enviar_comando_fn_balanca:='$1BkF1_$N';
            PRINT_CHAR (ADR := ADDR('0.0.1.SYS'),
                EMIS := enviar_comando_fn_balanca,
                GEST := relatorio_envio_fn_balanca);
            pesagem_unidade_alterada:=true;
        end_if;
        if peso_ascii[5]=16#206B then
            pesagem_unidade_alterada:=false;
        end_if;
    end_if;
end_if;

```

O número de série das garrafas é guardado na base de dados pelo operador com o auxílio do SCADA. A validação desse número é feita pelo autómato, tendo em conta o número de dígitos e os limites também estipulados pelo operador através do SCADA aquando da configuração do processo de fabrico. O autómato também armazenará o número de série numa variável dado que este tem que acompanhar a garrafa nas duas etapas que se seguem. Tudo isso é feito na secção Catalogação. Da mesma forma, que o SCADA troca os caracteres de uma string quando os apresenta, também quando o operador introduz o número de série este surgirá no autómato com os caracteres trocados. Para que o número de série recebido estar correcto é necessário realizar a reorganização dos caracteres. A etapa de catalogação é iniciada quando o sinal do detector D2 passar de “0” para “1”. O peso e o ID que anteriormente estavam indexados à Pesagem passam agora para a Catalogação. A plataforma sobe de forma a elevar a garrafa acima do tapete permitindo ao operador rodá-la facilmente.

```

        if RE(detector2) and limites_nserie_indefinidos=false and
limites_peso_definidos and catalogacao=false then
            abrir_travao2:=false;
            catalogacao:=true;
            plataforma_desce:=false;
            plataforma_sobe:=true;
        end_if;
        if catalogacao then
            if Peso_pci_catalogacao='0' and ID_tag_pci_catalogacao='0'
then
                Peso_pci_catalogacao:=Peso_pci_pesagem;
                Peso_pci_pesagem:='0';
                ID_tag_pci_catalogacao:=ID_tag_pci_pesagem;
                ID_tag_pci_pesagem:='0';
            end_if;
        end_if;
        if(estado_nserie) then
            nserie_ascii:=STRING_TO_ASCII(nserie_recebido);
            nserie_1:=nserie_ascii[0] and 2#0000000011111111;

```

```

n_serie_1:=bcd_to_int(n_serie_1);
n_serie_1:=(n_serie_1-30);
n_serie_ascii[0]:=rol(n_serie_ascii[0],8);
n_serie_2:=n_serie_ascii[0] and 2#0000000011111111;
n_serie_2:=bcd_to_int(n_serie_2);
n_serie_2:=(n_serie_2-30);
n_serie_3:=n_serie_ascii[1] and 2#0000000011111111;
n_serie_3:=bcd_to_int(n_serie_3);
n_serie_3:=(n_serie_3-30);
n_serie_ascii[1]:=rol(n_serie_ascii[1],8);
n_serie_4:=n_serie_ascii[1] and 2#0000000011111111;
n_serie_4:=bcd_to_int(n_serie_4);
n_serie_4:=(n_serie_4-30);
n_serie_5:=n_serie_ascii[2] and 2#0000000011111111;
n_serie_5:=bcd_to_int(n_serie_5);
n_serie_5:=(n_serie_5-30);
n_serie_ascii[2]:=rol(n_serie_ascii[2],8);
n_serie_6:=n_serie_ascii[2] and 2#0000000011111111;
n_serie_6:=bcd_to_int(n_serie_6);
n_serie_6:=(n_serie_6-30);
n_serie_catalogacao:=(INT_AS_DINT(n_serie_1,0)*100000+INT_AS_D
INT(n_serie_2,0)*10000+INT_AS_DINT(n_serie_3,0)*1000+INT_AS_DINT(n_s
erie_4,0)*100+INT_AS_DINT(n_serie_5,0)*10+INT_AS_DINT(n_serie_6,0));
valor_n_serie:=n_serie_catalogacao;
estado_n_serie:=false;
if(n_serie_catalogacao>=n_serie_min                                and
n_serie_catalogacao<=n_serie_max and catalogacao) then
    plataforma_desce:=true;
    plataforma_sobe:=false;
    n_serie_valido:=true;
    estado_n_serie:=false;
else
    n_serie_valido:=false;
    estado_n_serie:=true;
end_if;
end_if;

```

Após a validação do número de série introduzido, se o sinal do detector D2 passar de “1” para “0”, a garrafa abandona o posto de catalogação, os travões T2 e T3 são abertos e esta segue para a gravação. Uma eventual garrafa que estivesse à espera que o posto de catalogação ficasse disponível pode agora continuar o seu trajecto.

```

if( FE(detector2) and n_serie_valido and gravacao=false and
limites_n_serie_indefinidos=false and limites_peso_definidos) then
    n_serie_catalogacao:=0;
    n_serie_valido:=false;

```

```

    abrir_travao2:=true;
    abrir_travao3:=true;
    catalogacao:=false;
end_if;

```

Atendendo ao processo de fabrico, a etapa que se segue é a Gravação. O programa do autómato responsável pela correcta realização desta etapa encontra-se na secção Gravação. A gravação inicia-se quando o sinal do detector D3 passa de “0” para “1” e nessa altura procede-se à fixação e posicionamento da garrafa. A posição da garrafa é previamente definida em termos de impulsos gerados pelo gerador de impulsos, pelo operador.

```

    If RE(Detector3) and limites_n_serie_indefinidos=false and
    limites_peso_definidos and gravacao=false then
        prender_garrafa_gravacao:=true;
        gravacao:=true;
        abrir_travao3:=false;
    end_if;
    if n_impulsos<impulsos_posicao then
        roda_garrafa:=true;
    end_if;
    if n_impulsos=impulsos_posicao then
        roda_garrafa:=false;
    end_if;

```

O essencial da gravação é o peso adquirido na etapa de pesagem. É possível efectuar duas gravações. O número de gravações é definido pelo operador através do SCADA aquando da configuração do processo de fabrico. Essas duas gravações resultam de um determinado tipo de associação (soma, subtracção ou nenhum dos dois) definido pelo operador no mesmo momento que define o número de gravações, do peso adquirido na pesagem com o peso do revestimento, o peso dos acessórios, o peso do gás e eventualmente um outro peso, também previamente definidos pelo operador. Como já se disse anteriormente os vários dados referentes à garrafa e que vão sendo adquiridos ao longo das etapas acompanham sempre o evoluir da mesma ao longo da linha de fabrico. Sendo assim, quando uma garrafa chega à gravação os dados relativos à garrafa estão contidos nas variáveis “Peso_pci_catalogacao” (peso mostrado no SCADA), “n_serie_recebido” (número de série) e “ID_tag_pci_catalogacao” (ID da etiqueta RFID). Estes valores são passados para as variáveis inerentes à gravação, “Peso_pci_gravacao”, “nsérie_pci_gravacao” e “ID_tag_pci_gravacao” e as variáveis da catalogação são colocadas a zero. No entanto tudo é feito para prevenir que os dados fiquem corrompidos, no caso de uma garrafa chegar primeiro à catalogação do que a que estava na catalogação chega à gravação, os dados não se perdem, ou seja, a passagem dos valores das variáveis da catalogação para as variáveis da gravação é feita antes das variáveis da catalogação serem actualizadas para corresponderem à nova garrafa. A informação contida na variável “Peso_pci_catalogacao” é usada para calcular o valor inicial (correspondente ao peso da garrafa) das gravações.

```

if gravacao and nsérie_pci_gravacao='0' and peso_pci_gravacao='0'
and ID_tag_pci_gravacao='0' then
    nsérie_pci_gravacao:=n_serie_recebido;
    n_serie_recebido:='0';
    Peso_pci_gravacao:=Peso_pci_catalogacao;
    Peso_pci_catalogacao:='0';
    ID_tag_pci_gravacao:=ID_tag_pci_catalogacao;
    ID_tag_pci_catalogacao:='0';
    Peso_ascii_gravacao:=STRING_TO_ASCII(Peso_pci_gravacao);
    Peso_ascii_gravacao[1]:=rol(Peso_ascii_gravacao[1],8);
    Peso_ascii_gravacao[2]:=rol(Peso_ascii_gravacao[2],8);
    Peso_ascii_gravacao[3]:=rol(Peso_ascii_gravacao[3],8);
    Peso_ascii_gravacao[4]:=rol(Peso_ascii_gravacao[4],8);
    Peso_ascii_gravacao[5]:=rol(Peso_ascii_gravacao[5],8);
    Peso_ascii_gravacao[6]:=rol(Peso_ascii_gravacao[6],8);
    P1_gravacao:=Peso_ascii_gravacao[2];
    P1_gravacao:=P1_gravacao and 2#1111111100000000;
    P1_gravacao:=rol(P1_gravacao,8);
    P1_gravacao:=bcd_to_int(P1_gravacao);
    P1_gravacao:=(P1_gravacao-30)*10000;
    P2_gravacao:=Peso_ascii_gravacao[3];
    P2_gravacao:=P2_gravacao and 2#1111111100000000;
    P2_gravacao:=rol(P2_gravacao,8);
    P2_gravacao:=bcd_to_int(P2_gravacao);
    P2_gravacao:=(P2_gravacao-30)*1000;
    P3_gravacao:=Peso_ascii_gravacao[3];
    P3_gravacao:=P3_gravacao and 2#0000000011111111;
    P3_gravacao:=bcd_to_int(P3_gravacao);
    P3_gravacao:=(P3_gravacao-30)*100;
    P4_gravacao:=Peso_ascii_gravacao[4];
    P4_gravacao:=P4_gravacao and 2#1111111100000000;
    P4_gravacao:=rol(P4_gravacao,8);
    P4_gravacao:=bcd_to_int(P4_gravacao);
    P4_gravacao:=(P4_gravacao-30)*10;
    P5_gravacao:=Peso_ascii_gravacao[4];
    P5_gravacao:=P5_gravacao and 2#0000000011111111;
    P5_gravacao:=bcd_to_int(P5_gravacao);
    P5_gravacao:=(P5_gravacao-30);
    Peso_gravacao:=P1_gravacao+P2_gravacao+P3_gravacao+P4_gravacao
+P5_gravacao;

```

A parte mais complicada é o cálculo do valor correspondente a cada gravação. Isto porque podem ser efectuadas duas gravações, uma ou nenhuma. Além disso o peso do revestimento pode ser somado ao “Peso_gravação” para a primeira gravação e subtraído para a segunda. A tabela 4.1 permite perceber melhor as possibilidades existentes.

Tabela 4.1 - Possíveis configurações para as gravações

	1ª Gravação (Sim/Não)	2ª Gravação (Sim/Não)
Peso do revestimento	soma	soma
	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção
Peso do gás	soma	soma
	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção
Peso dos acessórios	soma	soma
	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção
Outro peso	soma	soma
	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção

Para melhor facilitar a programação foi associado um código binário a cada possibilidade. As várias possibilidades não serão mostradas por completo dado que são muitas, sendo apenas apresentadas algumas.

(*0000*)

```

if not gravacao_acess_prim and not gravacao_gas_prim and not
gravacao_rev_prim and not gravacao_op_prim then
    prim_gravacao:=false;
    valor_prim_gravacao:=0;
    valor_prim_gravacao_pci:='0';
end_if;
```

(*0001*)

```

if not gravacao_acess_prim and not gravacao_gas_prim and not
gravacao_rev_prim and gravacao_op_prim then
    prim_gravacao:=true;
    if gravacao_op_prim_soma then
        valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao+outro_peso;
    end_if;
    if gravacao_op_prim_sub then
        valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao-outro_peso;
    end_if;
    if gravacao_op_prim_sem then
        valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao;
    end_if;
```

(*0101*)

```

if not gravacao_acess_prim and gravacao_gas_prim and not
gravacao_rev_prim and gravacao_op_prim then
    prim_gravacao:=true;
```

```

        if gravacao_op_prim_soma and gravacao_gas_prim_soma then

            valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao+outro_peso+Peso_gas;
            end_if;
            if gravacao_op_prim_sub and gravacao_gas_prim_soma then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao-
outro_peso+Peso_gas;
            end_if;
            if gravacao_op_prim_soma and gravacao_gas_prim_sub then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao+outro_peso-
Peso_gas;
            end_if;
            if gravacao_op_prim_sub and gravacao_gas_prim_sub then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao-outro_peso-
Peso_gas;
            end_if;
            if gravacao_gas_prim_sem and gravacao_op_prim_soma then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao+outro_peso;
            end_if;
            if gravacao_gas_prim_sem and gravacao_op_prim_sub then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao-outro_peso;
            end_if;
            if gravacao_gas_prim_soma and gravacao_op_prim_sem then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao+Peso_gas;
            end_if;
            if gravacao_gas_prim_sub and gravacao_op_prim_sem then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao-Peso_gas;
            end_if;
            if gravacao_gas_prim_sem and gravacao_op_prim_sem then
                valor_prim_gravacao:=Peso_gravacao;
            end_if;
        end_if;
    end_if;

```

Como facilmente se percebe à medida que o número de “1’s” aumenta, (0, 1, 2) aumentam as possibilidades. Por exemplo se a variável “gravação_gás_prim” assumir o valor “1” significa que o peso do gás entra na primeira gravação, podendo ser somado, subtraído ou não ser efectuada qualquer acção. O mesmo é feito para o peso do revestimento, dos acessórios e para um outro peso que não seja englobado pelos anteriores. O código apresentado diz respeito à primeira gravação e o mesmo procedimento foi efectuada para a segunda gravação. Como é óbvio o valor das gravações é calculado com base na opção (uma entre muitas) previamente seleccionada e será armazenado nas variáveis “valor_prim_gravacao” e “valor_seg_gravacao”. Uma vez feito o cálculo torna-se necessário formatar os valores obtidos em função do número de casa decimais e do tipo de arredondamento definidos pelo operador. Considere-se, por exemplo, o caso de arredondamento matemático e uma casa decimal para a primeira gravação. O código resultante é exposto a seguir.

58 - Protótipo

```
if prim_gravacao then

    valor_prim_gravacao_pci:=INT_TO_STRING(valor_prim_gravacao);

    valor_prim_gravacao_ascii:=STRING_TO_ASCII(valor_prim_gravacao
_pci);

        if num_casas_decimais=1 then
            if arred_mat then
                if          (valor_prim_gravacao_ascii[1]and
2#00000000011111111)>=53 then

                    valor_prim_gravacao:=valor_prim_gravacao+1000;

                    valor_prim_gravacao_pci:=INT_TO_STRING(valor_prim_gravacao);

                    valor_prim_gravacao_ascii:=STRING_TO_ASCII(valor_prim_gravacao
_pci);

                    valor_prim_gravacao_ascii[1]:=valor_prim_gravacao_ascii[1] and
2#111111111000000000;

                    valor_prim_gravacao_ascii[1]:=valor_prim_gravacao_ascii[1] or
2#000000000001000000;

                                valor_prim_gravacao_ascii[2]:=16#0000;
                                else

                                    valor_prim_gravacao_ascii[1]:=valor_prim_gravacao_ascii[1] and
2#111111111000000000;

                                    valor_prim_gravacao_ascii[1]:=valor_prim_gravacao_ascii[1] or
2#000000000001000000;

                                                valor_prim_gravacao_ascii[2]:=16#0000;
                                                end_if;
                                    end_if;
                                end_if;
end_if;
```

Não se apresenta o código todo pois este também é bastante extenso.

A gravação termina quando o sinal do detector D3 passa de “1” para “0”. Nesse instante é aberto o travão T4.

```
if          FE(Detector3)          and          pintura=false          and
limites_n_serie_indefinidos=false and limites_peso_definidos then
    gravacao:=false;
    prim_gravacao:=false;
```



```

seg_gravacao:=false;
abrir_travao4:=true;
end_if;

```

A secção que engloba o programa que trata da pintura, designada por Pintura, é bastante semelhante ao da Gravação. No entanto ao invés da gravação, para a qual existiam no máximo duas gravações, na pintura há a possibilidade de serem efectuadas três impressões. A abordagem é a mesma mas o número de possibilidades é ainda maior, como se constata pela análise da tabela 4.2. O conteúdo das impressões é bastante semelhante ao das gravações com o acréscimo do ano de reteste e do ano de fabrico.

Tabela 4.2 - Possíveis configurações para as impressões

	1ª Impressão (Sim/Não)	2ª Impressão (Sim/Não)	3ª Impressão (Sim/Não)
	soma	soma	soma
Peso do revestimento	subtrai	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção	s/acção
	soma	soma	soma
Peso do gás	subtrai	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção	s/acção
	soma	soma	soma
Peso dos acessórios	subtrai	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção	s/acção
	soma	soma	soma
Outro peso	subtrai	subtrai	subtrai
	s/acção	s/acção	s/acção
	soma	soma	soma
ano de reteste	sim	sim	sim
	não	não	não
ano de fabrico	sim	sim	sim
	não	não	não

Mais uma vez e à semelhança das outras etapas, a pintura inicia-se quando o sinal do detector, neste caso D4, passa de “0” para “1”. As variáveis são actualizadas, a garrafa é fixada e colocada a rodar. As posições onde são feitas as impressões são definidas pelo operador. No entanto o SCADA disponibilizado apenas tem 128 Mb de memória o que não chega para todas as variáveis necessárias para o processo de pintura. Sendo assim optou-se por limitar as impressões ao ano de reteste e ao ano de fabrico.

```

if RE(Detector4) and limites_nserie_indefinidos=false and
limites_peso_definidos and pintura=false then
  nsérie_pci_pintura:=nsérie_pci_gravacao;
  nsérie_pci_gravacao:='0';
  Peso_pci_pintura:=Peso_pci_gravacao;
  Peso_pci_gravacao:='0';
  ID_tag_pci_pintura:=ID_tag_pci_gravacao;
  ID_tag_pci_gravacao:='0';
  valor_prim_gravacao_pintura_pci:=valor_prim_gravacao_pci;
  valor_prim_gravacao_pci:='0';
  valor_seg_gravacao_pintura_pci:=valor_seg_gravacao_pci;
  valor_seg_gravacao_pci:='0';

```

```

prender_garrafa_pintura:=true;
pintura:=true;
abrir_travao4:=false;
if pintura_afab_nenh and pintura_aret_nenh then
    prim_pintura:=false;
    seg_pintura:=false;
    ter_pintura:=false;
end_if;
if pintura_afab_prim then
    prim_pintura:=true;
    valor_prim_pintura_pci:=ano_fabrico;
end_if;
if pintura_afab_seg then
    seg_pintura:=true;
    valor_seg_pintura_pci:=ano_fabrico;
end_if;
if pintura_afab_ter then
    ter_pintura:=true;
    valor_ter_pintura_pci:=ano_fabrico;
end_if;
if pintura_aret_nenh and pintura_aret_nenh then
    prim_pintura:=false;
    seg_pintura:=false;
    ter_pintura:=false;
end_if;
if pintura_aret_prim then
    prim_pintura:=true;
    valor_prim_pintura_pci:=ano_reteste;
end_if;
if pintura_aret_seg then
    seg_pintura:=true;
    valor_seg_pintura_pci:=ano_reteste;
end_if;
if pintura_aret_ter then
    ter_pintura:=true;
    valor_ter_pintura_pci:=ano_reteste;
end_if;

end_if;

```

A pintura e consequentemente o processo de fabrico termina quando o sinal do detector D4 passa de “1” para “0”. Abre-se o travão T5 e as variáveis da pintura são colocadas a zero.

```

if FE(Detector4) and limites_nserie_indefinidos=false and
limites_peso_definidos then

```

```

nsérie_pci_pintura:='0';
Peso_pci_pintura:='0';
ID_tag_pci_pintura:='0';
valor_prim_pintura_pci:='0';
valor_seg_pintura_pci:='0';
valor_ter_pintura_pci:='0';
valor_prim_gravacao_pintura_pci:='0';
valor_seg_gravacao_pintura_pci:='0';
pintura:=false;
abrir_travao5:=true;
end_if;

```

Existem ainda mais três secções. Essas secções, Reiniciar, N_serie, Temporizador, Peso e Erros são responsáveis pela realização de pequenas acções mas importantes para o funcionamento global do sistema.

A secção Reiniciar é activada se o bit reiniciar for colocado a “1”. Este bit é partilhado com o SCADA e permite ao operador reiniciar o processo de fabrico. Coloca todas as variáveis a zero e apaga as configurações que foram feitas, voltando a colocar o bit reiniciar a “0”. Se por qualquer motivo ocorrer um determinado problema e for necessário começar o processo de fabrico do início, esta secção é importante. Como também no caso de se pretender iniciar a produção de garrafas para outro cliente. Dado que nesse caso o sistema tem que ser reconfigurado.

Para gerir os temporizadores foi criada uma secção, a secção Temporizador. Aqui são colocadas todas as funções respeitantes a variáveis temporais. No caso, só é necessário um temporizador que é usado para esperar cinco segundos desde que se inicia a pesagem para permitir à balança estabilizar.

```

TON_INSTANCE (IN := iniciar_timer,
              PT := tempo,
              Q => tempo_decorrido,
              ET => tempo_interno);

```

Para avaliar os limites do número de série foi criada a secção N_serie. Os limites do número de série são avaliados com base no número de dígitos. Normalmente o número de série das garrafas tem seis dígitos e é composto apenas por algarismos. O limite superior deverá ser maior que o limite inferior.

À semelhança do que acontece para o número de série também para o peso são atribuídos limites aquando da configuração do processo. A validação desses limites, que passa essencialmente por serem superiores ou iguais a zero e pelo limite superior ser maior que o limite inferior, é feita na secção Peso. Aqui também são validados o peso dos acessórios, o peso do gás, o peso do revestimento e um outro peso que possa eventualmente ser inserido.

Foi criada uma outra secção, denominada Erros, e esta secção visa avaliar a ocorrência de situações inesperadas. Como, por exemplo, o sinal de um detector não está de acordo com o que está acontecer, nomeadamente a pintura ainda está a decorrer e o detector D4

deixou de detectar a garrafa. Este tipo de erros é transmitido ao SCADA que accionará um alarme e um sinal luminoso.

4.3 SCADA

O PC Industrial é usado como Sistema de Supervisão e Controlo (SCADA), o qual é programado, configurado e projectado através do *software* “Vijeo Look”. O SCADA ilustra claramente as várias etapas, mostrando em cada uma os dados já adquiridos relativamente à garrafa que aí se encontra. O operador tem a possibilidade de, com o SCADA desenvolvido, configurar o processo de fabrico. Foram criados dois modos de funcionamento, Manual e Automático. No modo Manual o operador actua sobre o processo e no modo automático o operador apenas visualiza o decorrer do mesmo e as respectivas configurações. Os dados relativos a cada uma das garrafas que passam pelo SIT são gravados numa base de dados.

4.3.1 Configuração

O SCADA acede às variáveis do autómato através de um servidor OPC. A sua configuração é, por isso, um ponto crucial. O programa e a configuração do autómato estão guardados num ficheiro do tipo *.stu. Uma das formas de configurar o servidor OPC necessita que esse ficheiro esteja no PC Industrial. Quando se inicializa o Vijeo Look começa-se por criar um novo directório, que por defeito irá conter um conjunto de directórios onde serão guardados todos os ficheiros criados. A maior parte desses ficheiros são criados e guardados de forma automática. Dentro desse directório foi criado de forma manual um outro directório denominado “OFS Files” e é dentro deste directório que está o ficheiro relativo ao autómato. Este é o primeiro passo na configuração do servidor OPC. O segundo passo envolve a indicação ao servidor do endereço IP do autómato e da localização do ficheiro *.stu. Para isso é necessário aceder à ferramenta de configuração indicada na figura 4.6. Esta ferramenta encontra-se fora do Vijeo Look. Depois de reiniciada a ferramenta de configuração o servidor OPC está correctamente configurado. A partir deste momento quando se inicia o Vijeo Look e se acede ao explorador de configuração surge na aba *Variables* o nome Device_SIT que corresponde ao cliente OPC anteriormente criado. As variáveis do SCADA que se pretende ser as mesmas do autómato devem ser criadas dentro desta pasta. O nome dessas variáveis pode ser um qualquer, no campo *Server name* deve-se colocar a opção “OFS”, as variáveis são do tipo externo e o endereço deve ter o formato, Device_SIT!% seguido do tipo de variável (MW - Memory Word, MD - Double int, M - bit) e do endereço. Uma variável do tipo string deverá ser introduzida como Device_SIT!MW10:3, ou seja, a seguir ao endereço é introduzido o tamanho da string. Uma string com 2 caracteres terá tamanho 1, com 3 ou 4 caracteres tamanho 2, e assim sucessivamente. Um outro ponto importante é a selecção das opções. Por exemplo, se uma variável externa tiver de ser controlada recorrendo a código desenvolvido em Visual Basic a opção “HMI Access” terá de ser seleccionada. Se uma variável desse mesmo tipo for utilizada nas animações visuais essa opção será automaticamente seleccionada a partir do instante em que isso for feito. As variáveis cujos valores originam alarmes deverão ter a opção “Alarm” seleccionada (esta opção está restringida a variáveis booleanas), assim como as variáveis que se pretendam colocar numa

tabela ou num gráfico de tendências devem ter a opção “*trend*” seleccionada (esta opção é apenas válida para variáveis numéricas), e as variáveis cujo valor se pretende registar na base de dados, independentemente do seu formato, terão de ter a opção “*Log*” seleccionada. O campo “*Variable type*” é automaticamente preenchido em função do tipo de variável acima introduzido. No exemplo, Device_SIT!%MW10:3 o conteúdo do campo “*Variable type*” será “*text*”.

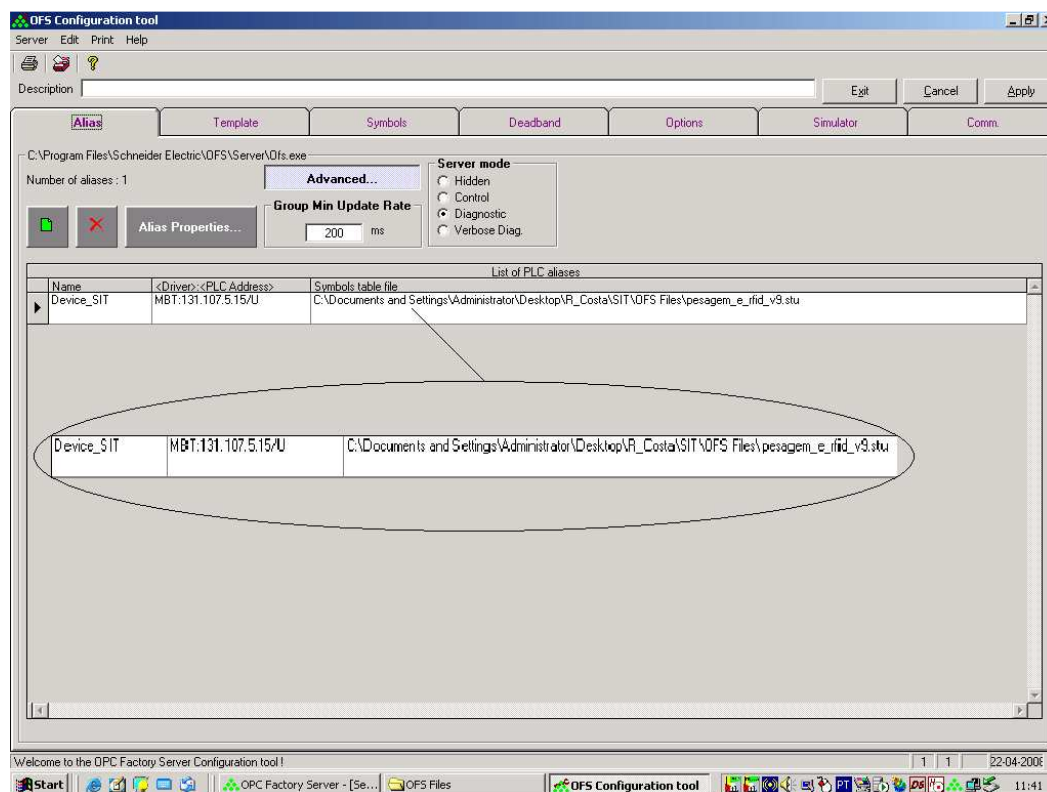


Figura 4.6 - Ferramenta de Configuração do servidor OPC

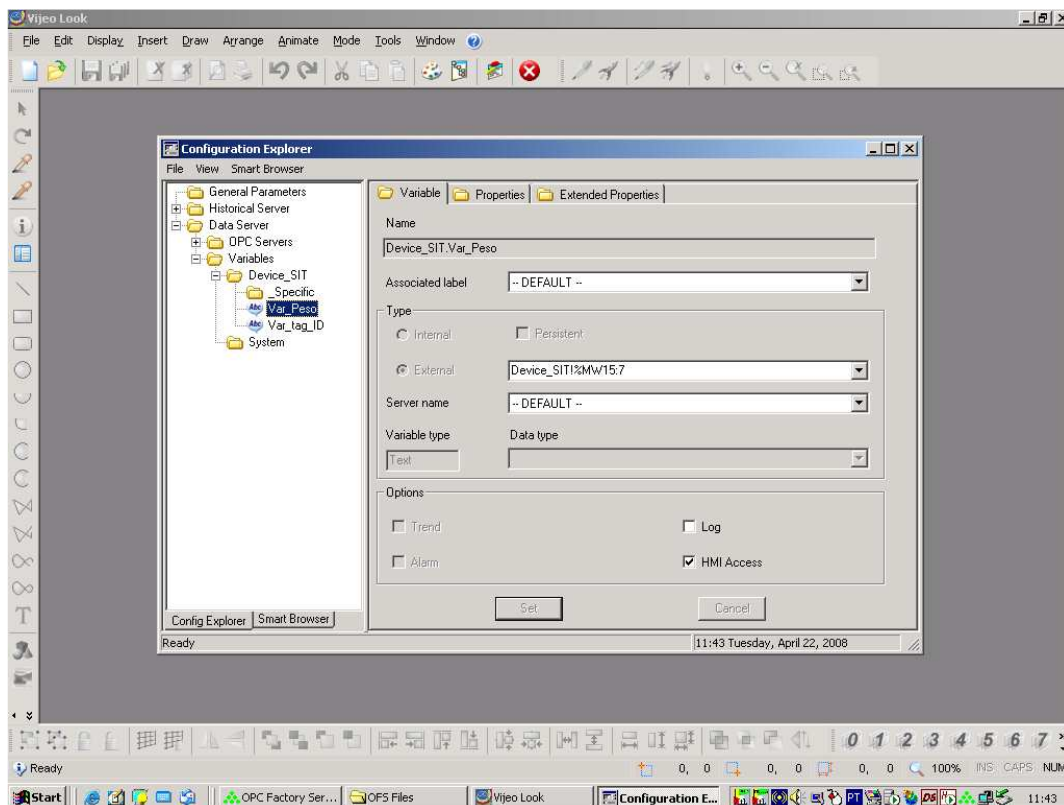


Figura 4.7 - Configuração das variáveis

Segue-se a criação e configuração da Base de dados. À semelhança das variáveis também as bases de dados são criadas e configuradas recorrendo ao explorador de configuração. Sendo assim, a base de dados será criada na pasta "Databases" onde já existe uma base de dados criada por defeito. Quando a base de dados é criada surgem associadas a ela três tabelas criadas automaticamente: a tabela de propriedades estáticas; a tabela de tendências; a tabela de registos. Sendo as tabelas de tendências e as de registos as mais importantes. Paralelamente terão de ser criados um grupo de tendências e uma lista de registos e associar esse grupo e essa lista à base de dados criada. A base de dados criada é a DataBase_SIT, a lista de registos chama-se Log_List_SIT e o grupo de tendências está denominado como Trend_Group_Sit. Tudo isto pode ser visualizado nas figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11. Na figura 4.8 é feita a configuração de uma lista de registos indicando qual a base de dados e a tabela que são utilizadas. Na figura 4.9 são configuradas as mudanças de estado contempladas pela lista de registos criada. Na figura 4.10 é configurado o grupo de tendências, nomeadamente o período de amostragem e a percentagem de variação do valor de uma variável que deve ocorrer para que este seja considerado para as tabelas e os gráficos de tendência. Finalmente, na figura 4.11, é configurada a forma como é feita a amostragem dos gráficos de tendência.

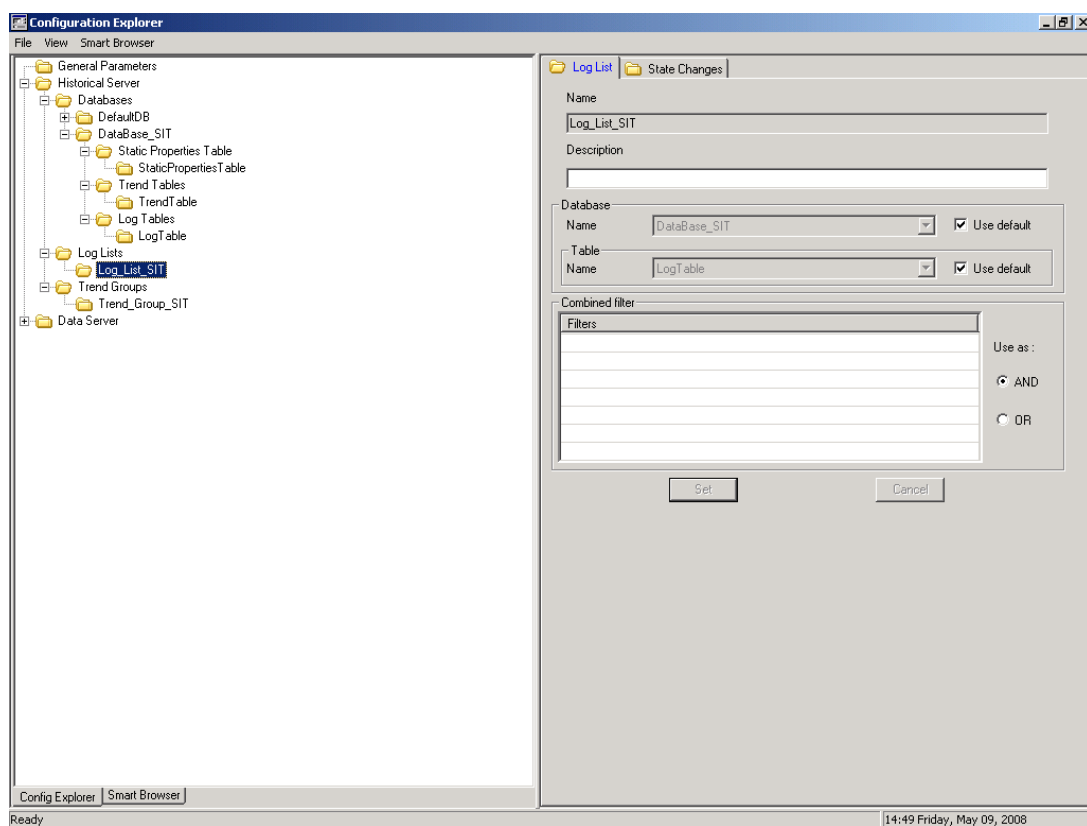


Figura 4.8 - Configuração da Base de Dados, definição da Lista de “logs”

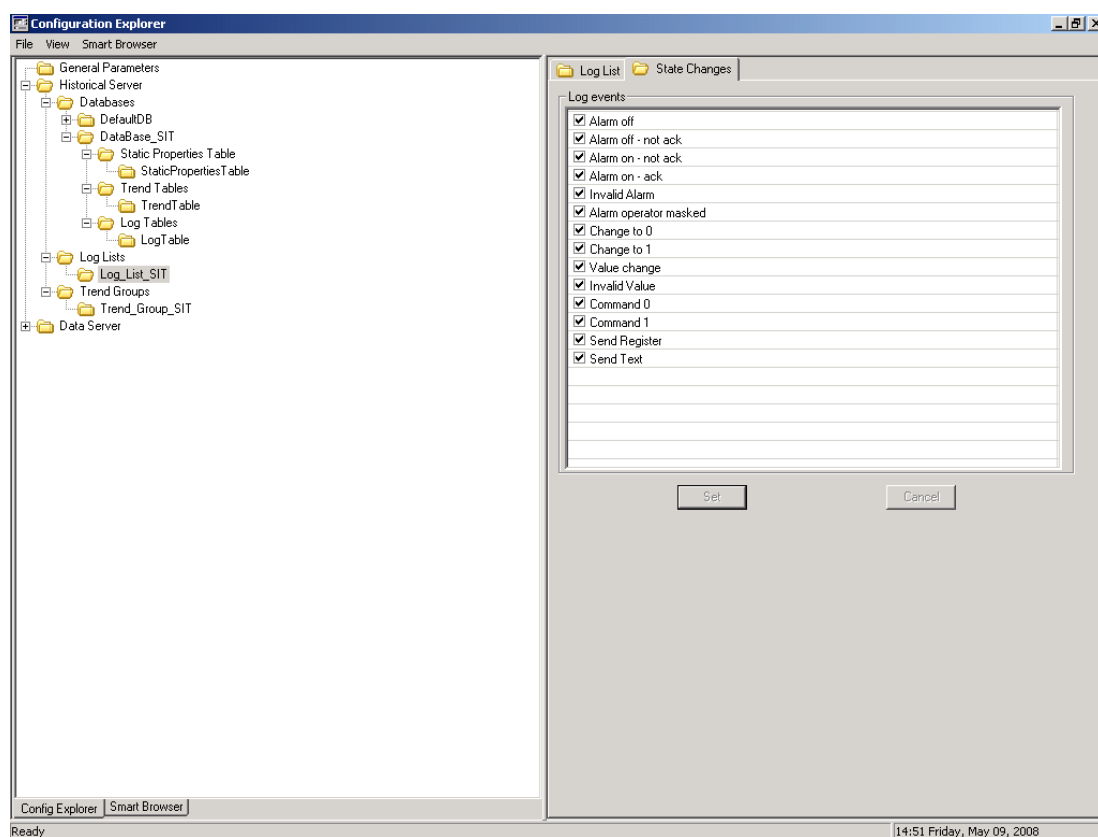


Figura 4.9 - Configuração da Base de Dados, definição dos estados da Lista de “logs”

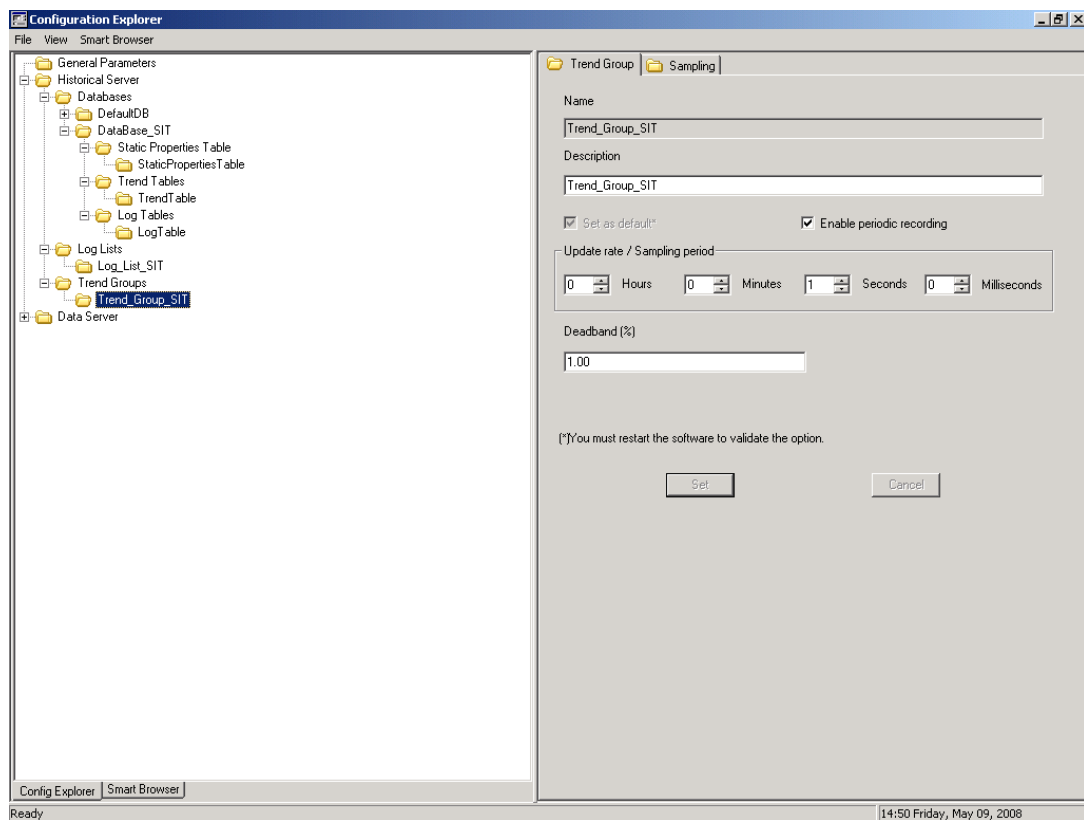


Figura 4.10 - Configuração da Base de Dados, Definição do grupo de tendências

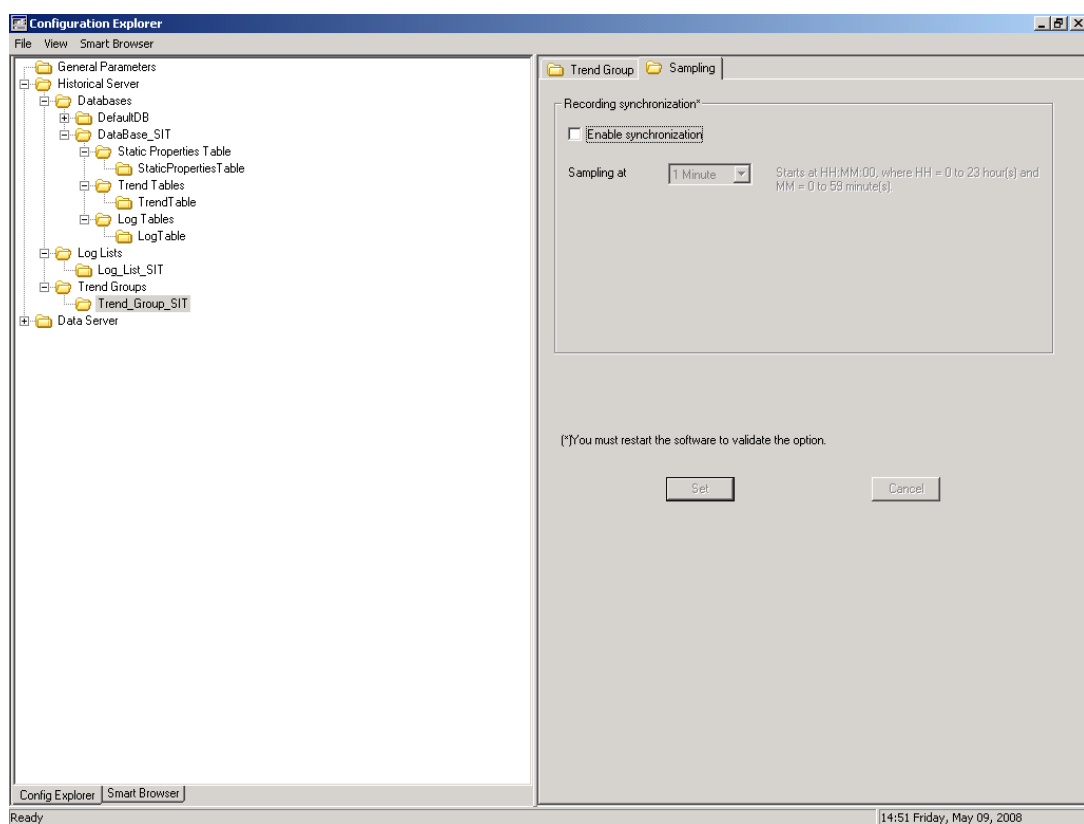


Figura 4.11 - Configuração da Base de Dados, Definição da amostragem do grupo de tendências

4.3.2 Interface com o utilizador

A interface com o utilizador é feita através do sinóptico visível na figura 4.12, que visa cumprir os requisitos impostos ao sistema de supervisão e controlo. O processo inicia-se com a entrada das garrafas a ser feita pelo lado direito e termina com a saída das mesmas pelo lado esquerdo. As garrafas, identificadas com a cor de vinho, estão colocadas uma por cada etapa no raio de acção dos detectores (à excepção da garrafa colocada na etapa de identificação onde não há detector), uma à entrada do processo no raio de acção do fim-de-curso, uma antes dessa e duas no final. As garrafas inerentes às etapas tornam-se visíveis quando essas etapas estão ocupadas, o mesmo acontece com a garrafa colocada junto ao fim-de-curso que permanecerá visível enquanto este a detectar. As restantes garrafas são apenas ilustrativas estando sempre visíveis. No início do processo de fabrico, este ainda não se encontra configurado, daí a existência de mensagens “Não configurado” colocadas na parte inferior de cada etapa. A etapa de identificação não necessita de ser configurada pelo que nenhuma mensagem é mostrada. Quando o operador termina de configurar cada etapa do processo essas mensagens desaparecem assim que o autómato validar as configurações efectuadas. A linha a vermelho, representativa do feixe dos detectores, fica a vermelho quando estes estão activos e a cinza quando não o estão. Os travões representados a azul abrem e fecham consoante o que realmente acontece. Os campos mais importantes de cada etapa estão coloridos de uma forma diferente, a verde. No topo do sinóptico, a azul, estão os botões que permitem aceder às janelas de configuração e também o botão que permite visualizar a página de alarmes. Nos painéis, Pesagem e Catalogação, estão dois botões, representados a preto, que quando clicados permitem visualizar um gráfico representativo do evoluir ao longo do tempo do peso das garrafas e do número de série. Quando o autómato verifica a existência de um erro com o sinal de qualquer dos detectores ou do fim-de-curso a cor azul bebé com a qual estão representados dá origem à cor vermelha. Enquanto a garrafa se dirige para a Identificação esse painel fica a vermelho e assim permanecerá se o ID da etiqueta adquirido não for válido. Todos os painéis têm esta capacidade, ou seja, se por qualquer motivo ocorrer um erro em qualquer uma das etapas o painel a elas referente ficará a vermelho até que o processo de fabrico seja reiniciado ou o problema resolvido. Nos painéis de Identificação e Pesagem existe a possibilidade de interagir com o leitor RFID e com a balança, respectivamente. Assim, com um simples clique, pode-se alterar o modo de funcionamento do leitor e a unidade de pesagem da balança. Enquanto o campo “Nº Série:” da Catalogação estiver vazio este assumirá a cor vermelha, sendo que se o operador introduzir um número que não seja considerado válido pelo autómato todo o painel ficará a vermelho até que seja introduzido um número correcto.

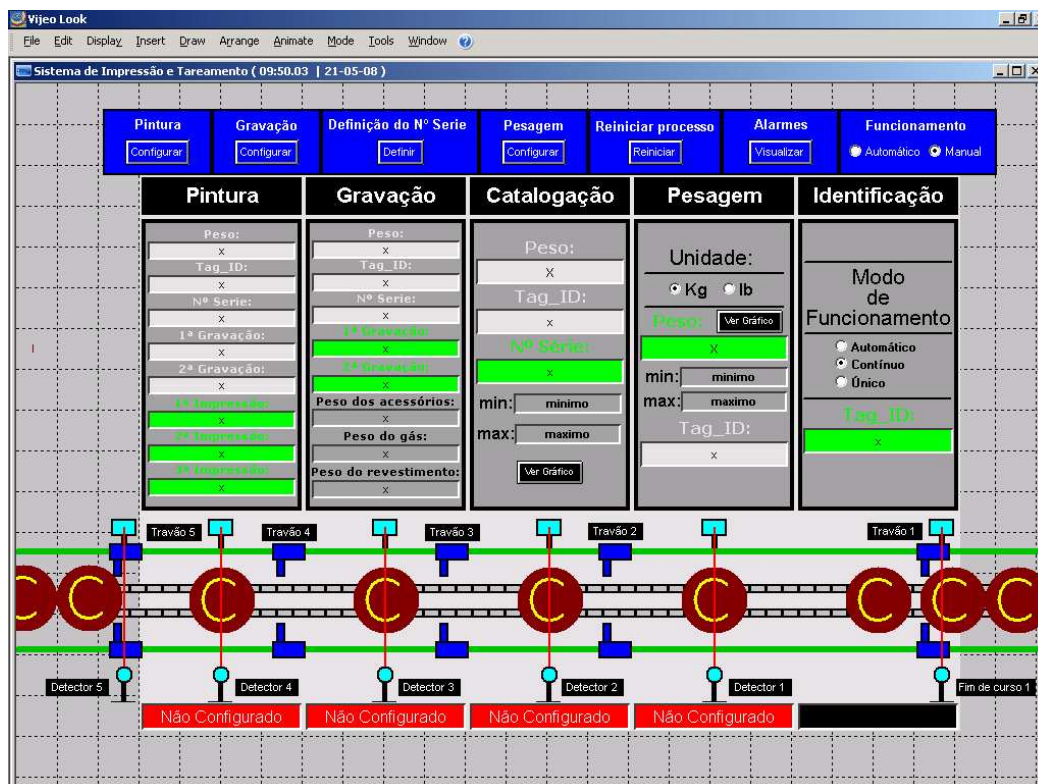


Figura 4.12 - Sinóptico Principal no modo de desenho

O clicar no botão “Configurar” da aba “Pintura” permite abrir a janela de configuração da mesma. Assim quando o operador clica nesse botão abre-se a janela ilustrada na figura 4.13. Aqui o operador tem a possibilidade de introduzir o Peso dos acessórios, o Peso do revestimento, o Peso do gás, um outro peso que não seja abrangido pelos anteriores, o ano de reteste e o ano de fabrico. Quando o ano de fabrico ou ano de reteste é associado a uma das três impressões os restantes campos referentes a essas impressões são impossíveis de seleccionar. Os pesos são introduzidos em decagramas e o valor introduzido nos campos do ano de reteste e do ano de fabrico é exactamente o que será impresso. Por exemplo, Ano de fabrico: 08, será impresso 08. A selecção da impressão é feita com *caixas de selecção*. A escolha da acção é feita através de um conjunto de botões e em cada instante apenas um está seleccionado. Por exemplo, selecciona-se para a 1ª Impressão, somar o Peso dos acessórios quando se clica em subtrair esta opção fica activa em detrimento da anterior. A opção s/acção é colocada pelo seguinte facto, no caso de se pretender efectuar três impressões cujo valor será o peso obtido durante a pesagem, nesse caso, selecciona-se, por exemplo, Peso do revestimento 1ª Impressão s/acção, 2ª Impressão s/acção e 3ª Impressão s/acção. Isto porque para além de escolher os valores a serem somados ou subtraídos ao peso da garrafa também se define o número de impressões. Os parâmetros correspondentes às impressões são activados ou desactivados conforme esta é ou não seleccionada. Quando um parâmetro está desactivado é impossível alterar o seu valor, como é visível na figura 4.13.

Figura 4.13 - Configuração real da pintura

No entanto e como já foi referido anteriormente o Vijeo Look não dispõe de memória suficiente para tantas variáveis (a memória do Vijeo Look é definida pelo tipo de licença adquirido) foi criada uma outra janela de configuração (figura 4.14) apenas para o ano de reteste e para o ano de fabrico onde também seriam introduzidos o número de impulsos que definiram os locais das impressões. Nesta janela, quando se selecciona uma impressão que já se encontrava atribuída esta fica seleccionada e a outra não. Ou seja, se por exemplo, o ano de reteste estiver seleccionada para a primeira impressão, quando é seleccionada a primeira impressão para o ano de fabrico essa opção deixa de estar seleccionada para o ano de reteste.

Figura 4.14 - Configuração da pintura

À semelhança da pintura também a gravação pode ser configurada através de uma janela (figura 4.15) que surge quando se clica no botão “Configurar” da aba “Gravação”. Esta janela é bastante semelhante à da pintura (figura 4.13) tanto em termos visuais como em termos de funcionamento. No entanto só existem no máximo duas gravações e não incluem o ano de fabrico e o ano de reteste.

Figura 4.15 - Configuração da gravação

Como se pode constatar pela figura 4.15 os parâmetros só ficam activos quando a gravação correspondente é seleccionada.

Os limites do número de série são definidos na janela ilustrada na figura 4.16 que está acessível através do botão “Definir” da aba “Definição do N° Série”.

Figura 4.16 - Definição dos limites do nº de série

As condições para que os valores introduzidos sejam validos já foram mencionadas.

Resta a configuração da pesagem, onde são definidos os limites do peso das garrafas, e a definição do tipo de arredondamento e do número de casas decimais, ambos considerados para os processos de gravação e de pintura. A janela que permite tudo isto é a apresentada na figura 4.17. Mais uma vez são usados os *radiobuttons*, neste caso, para o arredondamento e para o número de casas decimais.

Peso configuracao

Peso

Peso máximo: 1200 dg

Peso mínimo: 500 dg

Arredondamento

Matemático Truncamento

Nº de casas decimais:

Uma Duas

Fechar

Figura 4.17 - Configuração do peso

Existem ainda, a página de alarmes (figura 4.18, acessível através do botão “Visualizar” da aba “Alarmes”), e os gráficos do peso e do número de série (figuras 4.19 e 4.20, possíveis de visualizar com o premir dos botões “ver gráfico” localizados nos respectivos painéis).

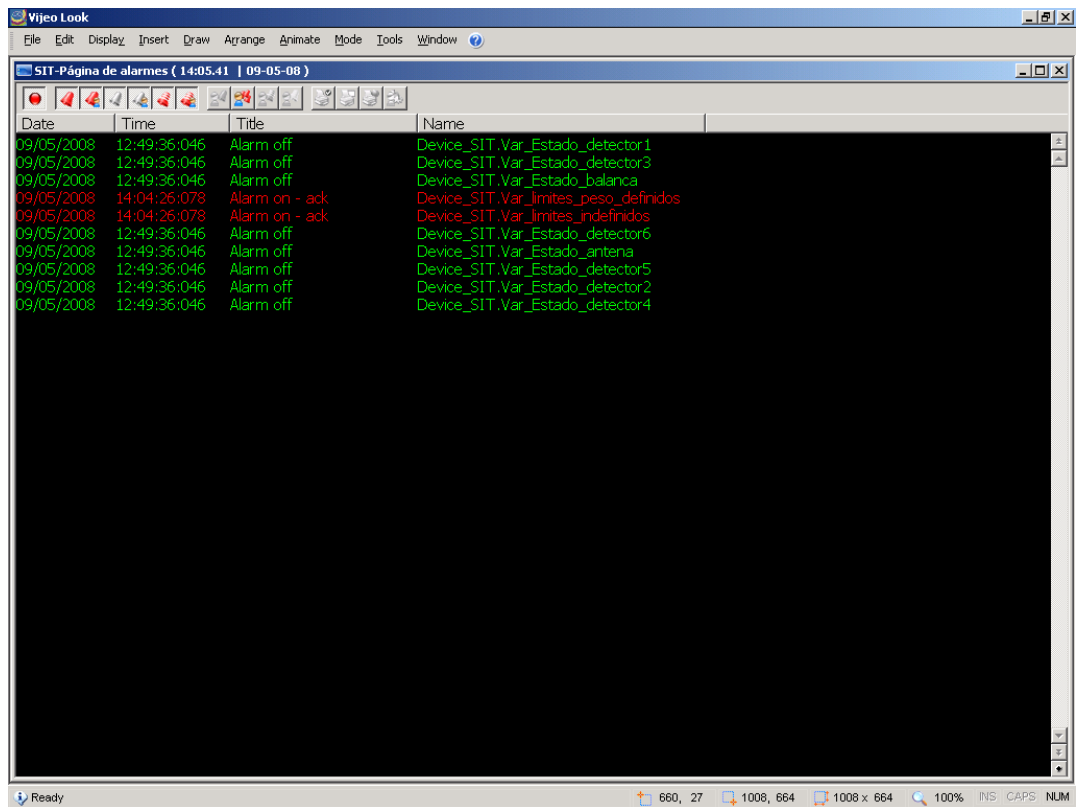


Figura 4.18 - Página de alarmes

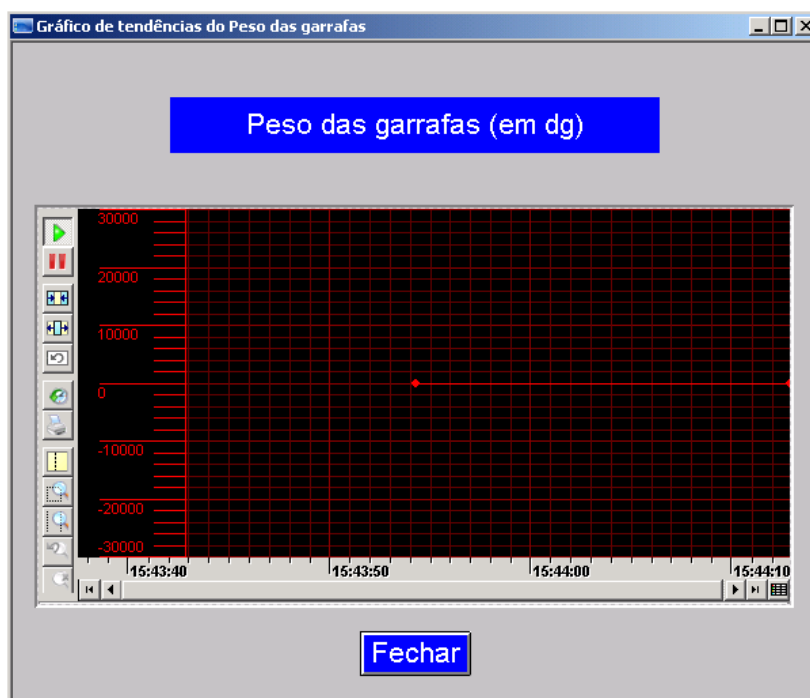


Figura 4.19 - Gráfico do peso das garrafas

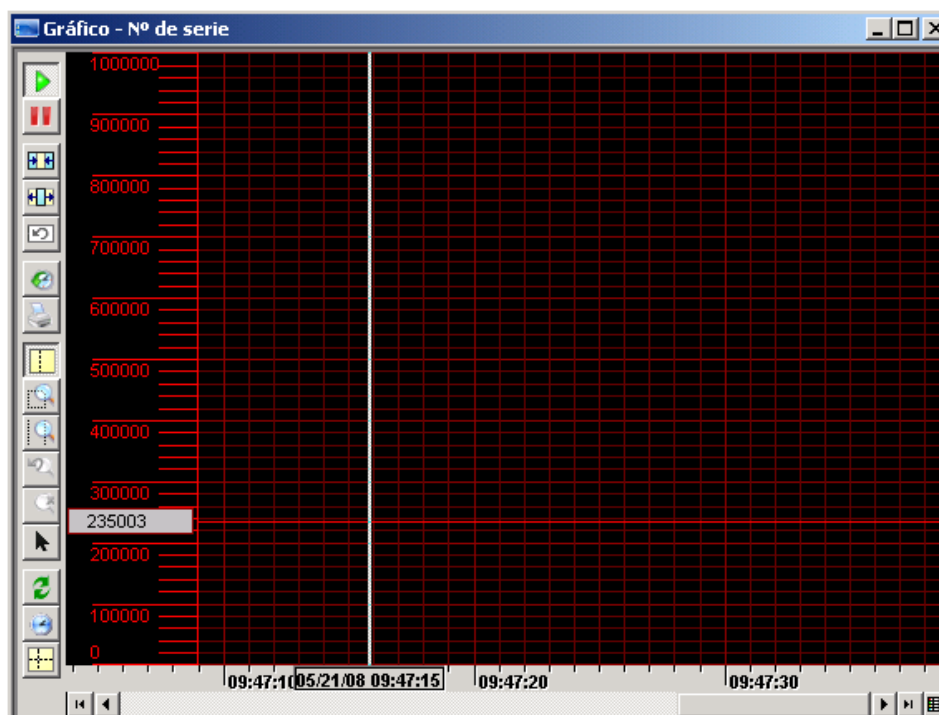


Figura 4.20 - Gráfico do nº de série das garrafas

4.3.3 Programação

A programação do SCADA envolve não só os programas desenvolvidos em Visual Basic referentes a cada janela, como também a animação dos vários elementos que compõem o sinóptico, em função dos valores das variáveis.

Atente-se na atribuição de variáveis aos vários elementos. Neste âmbito existem várias possibilidades, nomeadamente animar a cor, o texto, símbolos, a posição, atribuir valores às variáveis, correr outras aplicações e procedimentos, abrir e fechar janelas e toda uma série de propriedades associadas à segurança. Cada elemento pode possuir mais do que uma animação, sendo que a que está mais à esquerda tem maior prioridade. No entanto só são apresentadas as que foram usadas. A mudança de cor de cada elemento (textual ou gráfico) é uma animação bastante utilizada. É feita utilizando a propriedade *Animate - Colors bit*. A janela de configuração desta propriedade pode ser vista na figura 4.21.

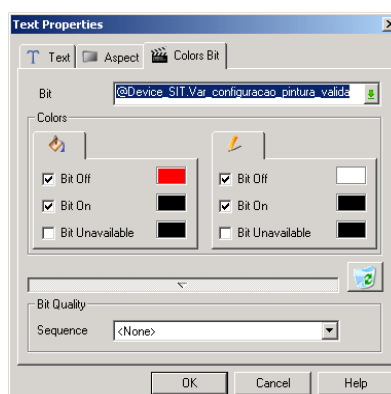


Figura 4.21 - Janela de configuração da animação "Colors Bit"

As restantes animações também são bastante usadas e dizem respeito à visualização e à alteração do valor das várias variáveis. Assim, para mostrar o conteúdo de uma *string* é necessário criar um elemento de texto e em seguida utilizar a opção *Animate - Text - text*. Na janela de configuração desta animação (figura 4.22) é introduzido o nome atribuído à variável cujo conteúdo se pretende apresentar e que foi previamente criada no explorador de configuração.

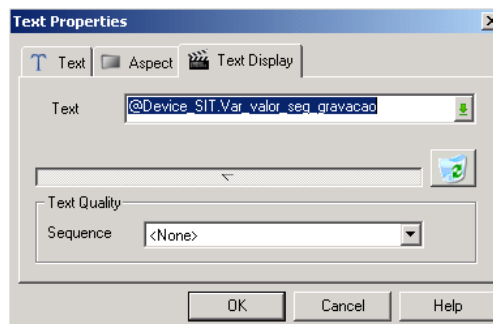


Figura 4.22 - Animação “Text Display”

Para modificar o valor de uma variável do tipo *string* é necessário usar a opção *Animate - Send - text*. Em seguida através da janela ilustrada na figura 4.23 configura-se a forma como o valor é enviado.

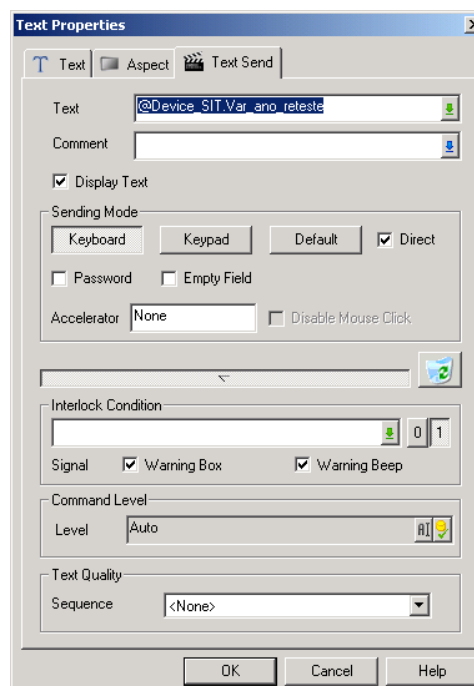


Figura 4.23 - Janela de configuração da animação “Text Send”

A animação através de variáveis numéricas (do tipo *memory word*) é realizada da mesma forma que a animação através de variáveis de texto (do tipo *string*). A figura 4.24 ilustra a forma como é animado um elemento de texto para este mostrar o conteúdo de uma variável numérica e a figura 4.25 mostra a configuração efectuada para alterar o valor desse tipo de variáveis.

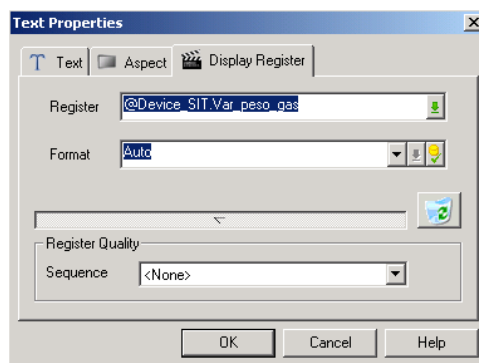


Figura 4.24 - Animação “Display Register”

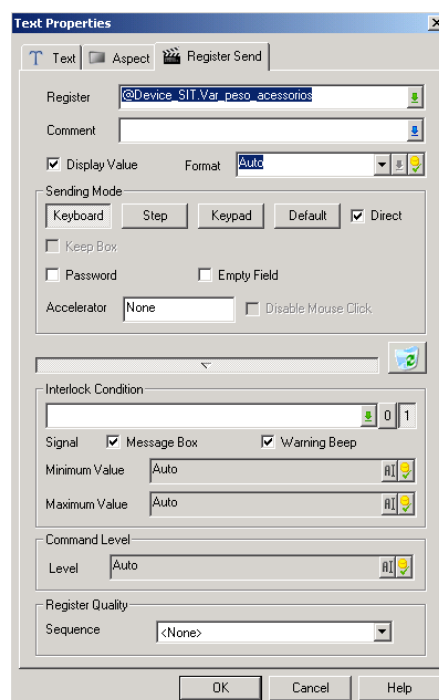


Figura 4.25 - Animação “Register Send”

Para alterar o valor de uma variável booleana é usada a animação “Bit Send” (figura 4.26 e selecciona-se a opção pretendida, existindo três, colocar o bit a “1”, a “0” ou inverter o seu estado.

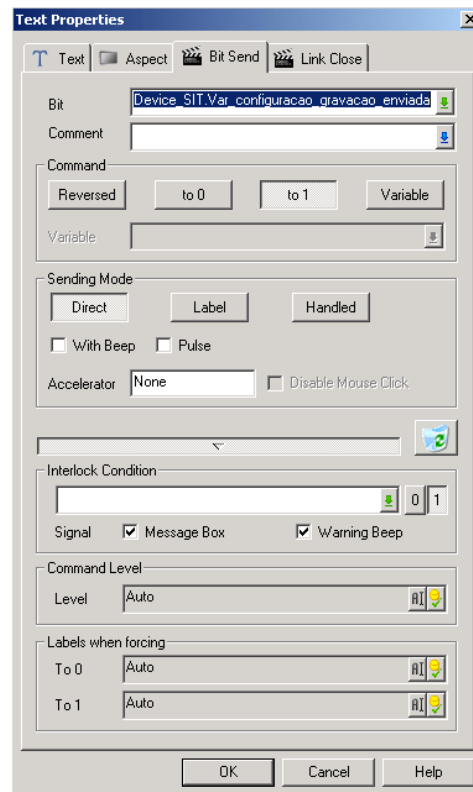


Figura 4.26 - Configuração da animação “Bit Send”

Finalmente, para abrir e fechar janelas são usadas as animações “Link - Open” e “Link Close” (figuras 4.27 e 4.28).

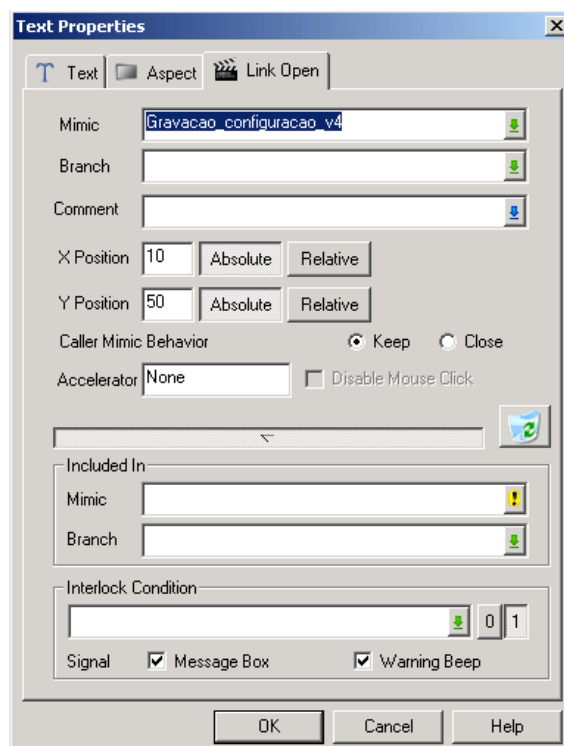


Figura 4.27 - Animação “Link Open”

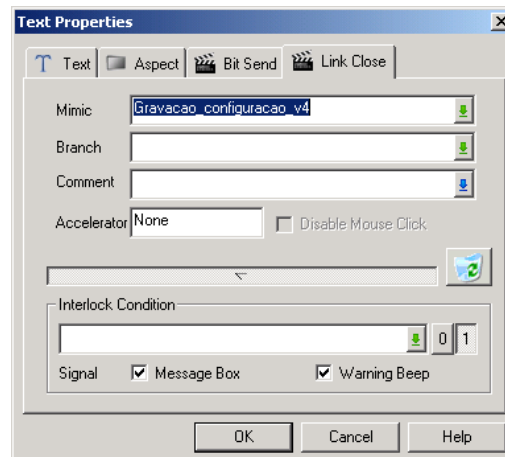


Figura 4.28 - Configuração da animação “Link Close”

Quanto aos programas desenvolvidos em *visual basic* estes são unicamente referentes aos *radiobuttons* e às *checkboxes* e fazem essencialmente a gestão dos valores das várias variáveis partilhadas com o autómato e que são actuadas quando o operador selecciona determinadas opções.

No sinóptico principal existem sete *radiobuttons*, três são responsáveis pelo modo de funcionamento do leitor RFID, dois tratam da unidade de pesagem da balança e os restantes definem o modo de funcionamento do SCADA automático ou manual. No Vijeo Look, quando no programa são usadas variáveis externas, estas têm de ser declaradas e isto é a primeira coisa a realizar. Logo, é feito quando uma determinada janela é aberta pela primeira vez. Além disso, sempre que uma janela é aberta os *radiobuttons* e as *checkboxes* tem de ser actualizadas com os valores que constam no autómato.

```
Private Sub Mimic_Open()  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_identificacao_automatica",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_identificacao_continua",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_identificacao_mf_alterar",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_identificacao_unica",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_pesagem_mf_alterar",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_pesagem_mf_automatico",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_pesagem_mf_cm_estabilidade",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_pesagem_mf_manual",  
fvVariableTypeBit  
    Variables.Add      "Device_SIT.Var_pesagem_mf_sm_estabilidade",  
fvVariableTypeBit
```

78 - Protótipo

```
Variables.Add "Device_SIT.Var_pesagem_unidade_alterar",  
fvVariableTypeBit  
Variables.Add "Device_SIT.Var_pesagem_unidade_kg",  
fvVariableTypeBit  
Variables.Add "Device_SIT.Var_pesagem_unidade_lb",  
fvVariableTypeBit  
Variables.Add "Device_SIT.Var_automatico", fvVariableTypeBit  
Variables.Add "Device_SIT.Var_manual", fvVariableTypeBit  
If Pesagem_OB_Unidade_kg.Value = True Then  
    [Device_SIT.Var_pesagem_unidade_lb] = False  
End If  
If Pesagem_OB_Unidade_lb.Value = True Then  
    [Device_SIT.Var_pesagem_unidade_lb] = True  
End If  
If RFID_OB_MF_Auto.Value = True Then  
    [Device_SIT.Var_identificacao_automatica] = True  
    [Device_SIT.Var_identificacao_continua] = False  
    [Device_SIT.Var_identificacao_unica] = False  
    [Device_SIT.Var_identificacao_mf_alterar] = True  
End If  
If RFID_OB_MF_Cont.Value = True Then  
    [Device_SIT.Var_identificacao_automatica] = False  
    [Device_SIT.Var_identificacao_continua] = True  
    [Device_SIT.Var_identificacao_unica] = False  
    [Device_SIT.Var_identificacao_mf_alterar] = True  
End If  
If RFID_OB_MF_Unic.Value = True Then  
    [Device_SIT.Var_identificacao_automatica] = False  
    [Device_SIT.Var_identificacao_continua] = False  
    [Device_SIT.Var_identificacao_unica] = True  
    [Device_SIT.Var_identificacao_mf_alterar] = True  
End If  
If Funcionamento_OB_auto.Value = True Then  
    [Device_SIT.Var_automatico] = True  
    [Device_SIT.Var_manual] = False  
    Pesagem_OB_Unidade_kg.Enabled = False  
    Pesagem_OB_Unidade_lb.Enabled = False  
    RFID_OB_MF_Auto.Enabled = False  
    RFID_OB_MF_Cont.Enabled = False  
    RFID_OB_MF_Unic.Enabled = False  
End If  
If Funcionamento_OB_manual.Value = True Then  
    [Device_SIT.Var_manual] = True  
    [Device_SIT.Var_automatico] = False  
    Pesagem_OB_Unidade_kg.Enabled = True  
    Pesagem_OB_Unidade_lb.Enabled = True
```

```

        RFID_OB_MF_Auto.Enabled = True
        RFID_OB_MF_Cont.Enabled = True
        RFID_OB_MF_Unic.Enabled = True
    End If
End Sub

```

Quando o operador selecciona a unidade de pesagem esta tem de ser actualizada no autómato. Para isso utilizam-se os eventos “On_Click()” e em função do que foi clicado as variáveis assumem diferentes valores.

```

Private Sub Pesagem_OB_Unidade_kg_Click()
    [Device_SIT.Var_pesagem_unidade_lb] = False
End Sub
Private Sub Pesagem_OB_Unidade_lb_Click()
    [Device_SIT.Var_pesagem_unidade_lb] = True
End Sub

```

A selecção do modo automático ou manual para o funcionamento do SCADA faz com que os restantes *radiobuttons* sejam activados ou desactivados.

```

Private Sub Funcionamento_OB_auto_Click()
    [Device_SIT.Var_automatico] = True
    [Device_SIT.Var_manual] = False
    Pesagem_OB_Unidade_kg.Enabled = False
    Pesagem_OB_Unidade_lb.Enabled = False
    RFID_OB_MF_Auto.Enabled = False
    RFID_OB_MF_Cont.Enabled = False
    RFID_OB_MF_Unic.Enabled = False
End Sub
Private Sub Funcionamento_OB_manual_Click()
    [Device_SIT.Var_manual] = True
    [Device_SIT.Var_automatico] = False
    Pesagem_OB_Unidade_kg.Enabled = True
    Pesagem_OB_Unidade_lb.Enabled = True
    RFID_OB_MF_Auto.Enabled = True
    RFID_OB_MF_Cont.Enabled = True
    RFID_OB_MF_Unic.Enabled = True
End Sub

```

A alteração do modo de funcionamento do leitor RFID é realizada da mesma forma que a mudança de unidade de pesagem.

```

Private Sub RFID_OB_MF_Auto_Click()
    [Device_SIT.Var_identificacao_automatica] = True
    [Device_SIT.Var_identificacao_continua] = False
    [Device_SIT.Var_identificacao_unica] = False

```

```

        [Device_SIT.Var_identificacao_mf_alterar] = True
End Sub
Private Sub RFID_OB_MF_Cont_Click()
    [Device_SIT.Var_identificacao_automatica] = False
    [Device_SIT.Var_identificacao_continua] = True
    [Device_SIT.Var_identificacao_unica] = False
    [Device_SIT.Var_identificacao_mf_alterar] = True
End Sub
Private Sub RFID_OB_MF_Unic_Click()
    [Device_SIT.Var_identificacao_automatica] = False
    [Device_SIT.Var_identificacao_continua] = False
    [Device_SIT.Var_identificacao_unica] = True
    [Device_SIT.Var_identificacao_mf_alterar] = True
End Sub

```

Existem mais três janelas para as quais foram desenvolvidos programas. São as janelas de configuração do peso, da gravação e da pintura. Em todas, o procedimento é semelhante ao apresentado anteriormente aquando dos eventos “*On_Click()*” as variáveis respectivas são actualizadas.

No caso da configuração do peso o código resultante é o abaixo apresentado.

```

Private Sub OptionButton_arred_duas_Click()
    [Device_SIT.Var_num_casa_decimais] = 2
End Sub

Private Sub OptionButton_arred_mat_Click()
    [Device_SIT.Var_arred_mat] = True
End Sub

Private Sub OptionButton_arred_trunc_Click()
    [Device_SIT.Var_arred_mat] = False
End Sub

Private Sub OptionButton_arred_uma_Click()
    [Device_SIT.Var_num_casa_decimais] = 1
End Sub

```

Para as configurações da gravação e da pintura, à semelhança do que acontece no autómato, também no SCADA o código resultante é bastante extenso, pelo que não será apresentado. No entanto, nada de novo introduz, dado que mais uma vez o princípio é o mesmo e tudo gira à volta do evento “*On_Click()*”. De relembrar que todas as variáveis externas são declaradas quando as janelas são abertas pela primeira vez. Posteriormente de cada vez que uma janela é aberta lêem-se as variáveis do autómato e colocam-se as variáveis do SCADA em função destas, só assim as configurações realizadas pelo operador se mantêm de cada vez que a janela é aberta.

4.3 Conclusão

Após a montagem física e a configuração do servidor OPC foi realizado um pequeno programa para o autômato e desenvolvido um simples SCADA, para testar o correcto funcionamento do Protótipo. Com isso pretendia-se que o autômato recebesse o peso enviado pela balança e o ID da etiqueta RFID colocada junto à antena, os transmitisse ao SCADA e este os apresentasse num sinóptico. O resultado é o espelhado na figura 4.29.

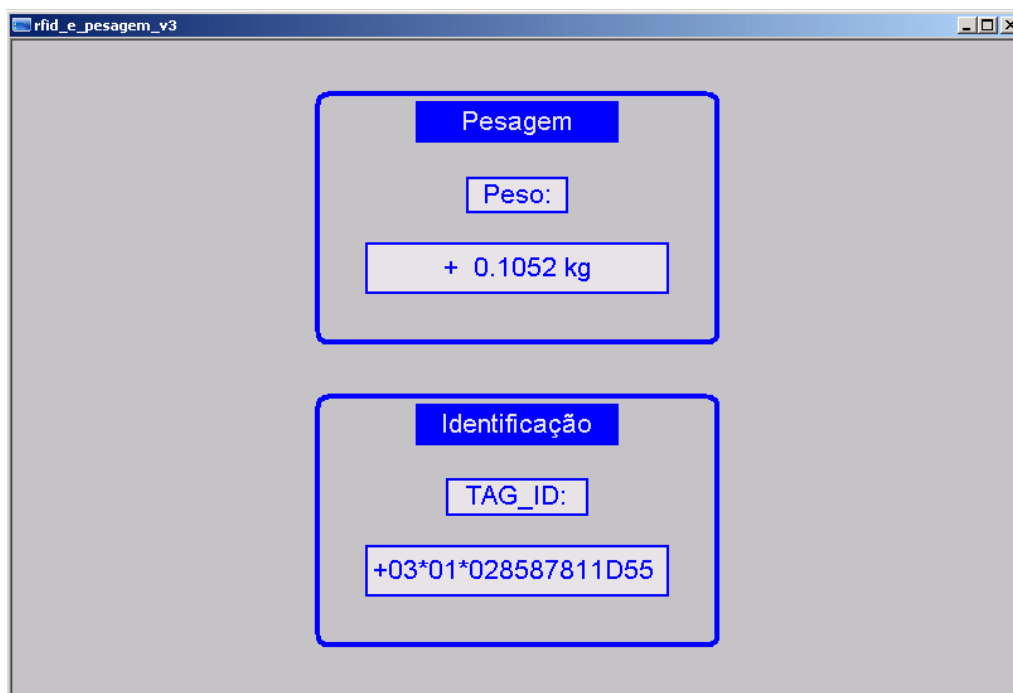


Figura 4.29 - Sinóptico de teste

Este facto permitiu desde logo concluir que todo o sistema estava correctamente ligado e configurado. Tornava-se agora necessário desenvolver algo cujas dimensões se assemelhassem ao realmente pretendido e que representasse o SIT como ele é. Isso foi conseguido e o resultado está visível na figura 4.30. Esta figura mostra o SCADA quando o processo (que foi emulado) está em pleno funcionamento. É visível que todas as etapas estão ocupadas (com excepção da identificação pelas razões já explicitadas) estando a gravação configurada para o autômato efectuar o arredondamento matemático e apresentar o resultado com duas casas decimais. A 1ª gravação consiste no peso obtido na pesagem acrescido do peso dos acessórios e ao qual é subtraído o peso do revestimento. A 2ª gravação está configurada para corresponder ao peso obtido na pesagem acrescido do peso do gás. O ano de fabrico é impresso na primeira impressão e o ano de reteste na segunda.

Todas as funcionalidades pretendidas para o sistema foram implementadas, à excepção da configuração da pintura, pois a capacidade de memória do *Vijeo Look* disponível é de apenas 128 mb (valor definido pela licença adquirida). Para que o autômato e o sistema de controlo e monitorização funcionem correctamente quando integrados no SIT, apenas têm de ser adaptados de acordo com a actual linha de produção.

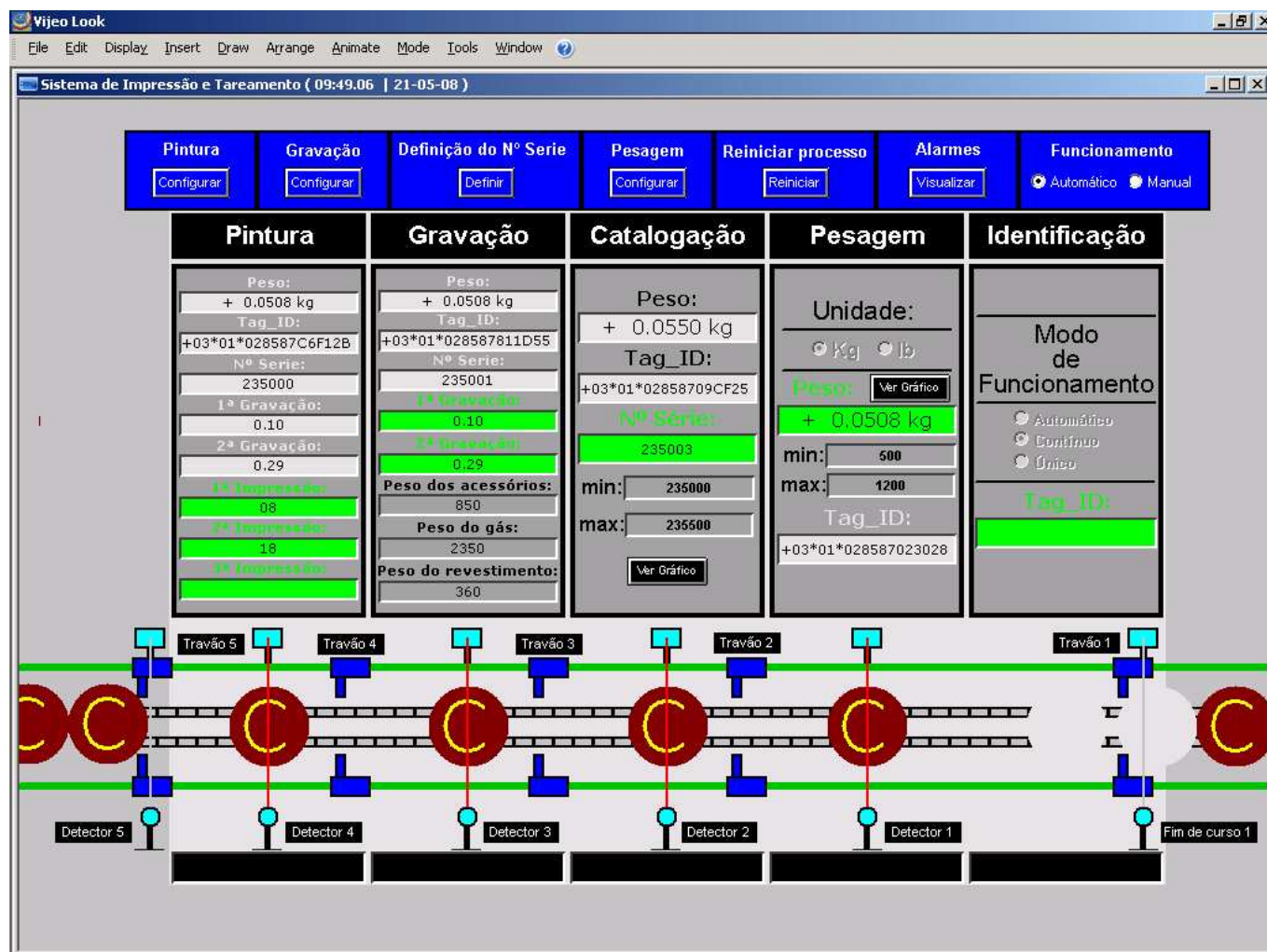


Figura 4.30 - Sinóptico Principal no modo de funcionamento automático

Capítulo 5

Conclusões

O objectivo principal do trabalho apresentado neste relatório foi o de desenvolver o sistema de controlo e monitorização de uma etapa da linha de produção de botijas de gás da AMTROL-ALFA. Esta etapa é composta por uma sequência de operações que inclui a identificação por RFID, a pesagem, a catalogação a gravação e a pintura.

Depois de uma introdução ao trabalho a realizar apresentada no capítulo 1, procedeu-se a uma revisão do estado da arte da tecnologia de identificação automática baseada em radiofrequência e à descrição do processo de pesagem usando células de carga.

A descrição do estado da arte da identificação por radiofrequência foi feita no capítulo dois. Este capítulo é importante na medida em que foi explicado o princípio de funcionamento dos sistemas RFID, foram apresentados os vários sistemas existentes, referindo-se os pontos fortes e fracos e o desempenho que têm em função do ambiente onde estão inseridos. Isto permitiu escolher o sistema RFID indicado para o SIT, bem como preparar os diversos equipamentos utilizados, em especial o autómato, para tentar suprir os pontos fracos do sistema adoptado.

O processo de pesagem foi abordado no capítulo três, pois esta também é uma etapa essencial do SIT, contribuindo sobremaneira para que o objectivo final seja alcançado. Foi explicitada a configuração do autómato, pois a sua correcta configuração pode diminuir a ocorrência de erros na pesagem das garrafas. Além disso foi apresentado o princípio de funcionamento das células de carga, pois este define também o princípio de funcionamento do sistema de pesagem adoptado. Este conhecimento permitiu, mais uma vez, ter a noção das limitações e das potencialidades do sistema de pesagem usado.

No capítulo quatro foi detalhado o protótipo desenvolvido, com a apresentação dos seus diferentes subsistemas constituintes. Foi dada uma atenção especial à programação do autómato e ao sistema de supervisão e controlo, pois aqui está o cerne do SIT. O autómato e o SCADA definem a eficiência do SIT. Este protótipo contempla as três primeiras etapas do SIT. Os equipamentos utilizados no protótipo não foram exactamente aqueles propostos para a solução final, pois esses não estavam disponíveis. Foram adoptados equipamentos semelhantes. A antena RFID utilizada foi de uma versão anterior e não possui todos os modos de funcionamento que as mais recentes possuem. A balança adoptada comunica com o autómato por RS232. Para os sistemas de gravação e de pintura não foram encontradas alternativas válidas, no entanto estes não foram desconsiderados e

tudo foi feito para que quando ligados ao autómato sejam controlados conforme pretendido.

O projecto desenvolvido é capaz de imprimir e gravar informação nas garrafas de gás, bem como guardar numa base de dados a identificação (ID e número série) de cada garrafa. Para se realizar a identificação RFID das garrafas é inserido nestas uma etiqueta RFID (um *micro-chip* da IDtek). Cada etiqueta possui um ID que fica assim associado à garrafa à qual está incrustada. Na linha de produção é colocado um leitor RFID e uma antena para efectuar a aquisição desse ID. A garrafa passa sob ou sobre a antena, sendo a antena colocada na linha de produção, no início do processo, de forma a que uma dessas situações se verifique. Dado que a informação a gravar e/ou pintar depende essencialmente do peso das garrafas estas são pesadas após a aquisição do ID. O número de série é introduzido manualmente pelo operador e em seguida efectua-se a gravação e a pintura.

Como o tempo disponível para a realização deste trabalho não era suficiente para a construção da linha de produção construiu-se um protótipo em que algumas operações, em particular a detecção de garrafas, são emuladas por botões de pressão. Não estavam disponíveis os equipamentos necessários para a gravação e para a pintura, pelo que o autómato e o SCADA foram desenvolvidos de forma a contemplar essas duas etapas, mas estas não foram realmente realizadas.

Apesar das limitações que foram surgindo o essencial foi conseguido, pois as principais funcionalidades para o sistema foram implementadas com sucesso. O ID das etiquetas RFID é adquirido e é testada a sua veracidade. O critério para validar o ID das garrafas passa pelo número de caracteres que este deve conter, pois é sempre constante. As garrafas são pesadas e é avaliado o peso obtido. Para avaliar esse peso são tidos em linha de conta os limites de peso introduzidos pelo operador no SCADA. Se o valor obtido estiver dentro dos limites à partida significa que é um valor válido. Para introdução do número de série foi criado um campo no SCADA (a correr no PC Industrial) onde o operador clica e em seguida digita num teclado o número que se encontra na gola das garrafas. Enquanto o número de série introduzido não for validado pelo autómato esse campo mantém-se a vermelho. A validação do número de série é feita de forma semelhante à validação do peso. O operador inicialmente (aquando da configuração do processo de fabrico) introduz os limites (a gama de valores para essa produção) do número de série e esses limites são testados com base no número de caracteres (habitualmente 6) e tendo em conta que o limite superior deve ser inferior ao limite superior e o limite inferior deve ser superior ou igual a zero, posteriormente é apenas necessário verificar se o valor introduzido está dentro destes limites. Quanto aos limites do peso, também são validados da mesma forma que os limites do número de série.

Para que o operador seja capaz de configurar cada processo de fabrico que se inicia, são disponibilizados através do SCADA, todo um conjunto de janelas com campos que deverão ser preenchidos para que o autómato permita a inicialização do processo. O conteúdo desses campos é constantemente avaliado para impedir que estes contenham valores errados. Em cada etapa são mostrados, também no SCADA, os dados já adquiridos relativamente à garrafa que se encontra nesse instante naquela etapa. O SCADA é também o responsável por guardar na base de dados toda a informação relativa às garrafas.

As maiores dificuldades foram encontradas aquando da configuração do servidor OPC. Este tem de estar correctamente configurado para permitir ao *Vijeo Look* ler o valor de

determinadas variáveis do autómato. Também foram encontradas dificuldades aquando da realização de todas as possibilidades de manipulação do peso para os processos de gravação. A ultrapassagem dessas dificuldades exigiu mais tempo e esforço do que as restantes. A configuração da base de dados também não foi propriamente simples, bem como a manipulação das variáveis do tipo *string*, para que de um determinado texto se retirasse apenas o necessário e para que esse texto fosse correctamente apresentado no PC industrial.

5.1 Futuros Desenvolvimentos

Como facilmente se pode constatar a etapa que mais facilmente pode ser melhorada é a etapa de Catalogação. Isto porque o operador introduz manualmente o número de série. Nesta etapa está previsto a colocação de um suporte para uma câmara que futuramente ao ser usada permita proceder de outra forma para adquirir o número de série das garrafas, talvez usando um sistema de visão artificial. No entanto, este é um sistema que actualmente terá algumas lacunas que impedem a sua utilização neste processo. Isto porque estes sistemas baseiam-se em comparações da informação adquirida pelos sensores com informação previamente armazenada. No caso das garrafas de gás, o número de série é gravado por punções e como o ambiente que rodeia a garrafa é bastante agressivo o formato dos números sofrerá de certeza alterações. Para que essas alterações fossem contempladas seria preciso ter uma base de dados contendo todos os formatos que os números poderiam ter. Além disso as condições de visibilidade também não são as melhores para que os sensores façam o “retrato” correcto do número de série.

As etapas de gravação e pintura são realizadas por duas máquinas diferentes. Talvez existisse a possibilidade de realizar tudo com apenas uma máquina ou até colocar um *Robot* a fazer a gravação e a pintura. Criavam-se as ferramentas necessárias e o *Robot* automaticamente pegava na ferramenta correcta e gravava e imprimia a informação. Além disso, já agora porque não colocar um *Robot* a realizar todo o processo ou colocar dois *Robots*. É tudo uma questão de avaliar o que tornaria o processo mais eficiente realizando as tarefas de forma mais célere e com maior qualidade.

Actualmente o posicionamento da garrafa para as gravações e impressões é feito por motores com o auxílio de geradores de impulsos e de um sensor fotoeléctrico. Para esta situação também se poderia considerar um sistema de visão artificial que ao avaliar a gola da garrafa permitisse o correcto posicionamento da mesma, no entanto, o ponto crucial passaria sempre por uma relação custo/benefício.

Um outro ponto que poderia ser melhorado é o sistema de punções usado para efectuar as gravações. Este contém um conjunto de pesos, alinhados horizontalmente, previamente definidos (12.0, 12.1, 12.2, etc.) e que são posicionados de acordo com o valor pretendido, usando um motor e sensores de fim-de-curso. A melhoria podia ser conseguida dispondo os punções numa roda, contendo os números do 0 ao 9, e que fosse rodada de forma a gerar o peso pretendido. Evitando assim a mudança dos punções conforme a gama de peso das garrafas.

Referências

- [1] Yang Xiao, Senhua Yu, Kui Wu, Qiang Ni, Christopher Janeczek, Julia Nordstad, "Radio frequency identification: technologies, applications, and research issues", *Wireless communications and mobile computing, Wirel. Commun.Mob. Comput.* 2007; 7:457-472, Published online 24 July 2006 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).
- [2] *RFID Journal*, "What is RFID?". Disponível em <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1339/1/129/>. Acesso em 18/Junho/2008.
- [3] Taimur Hassan, Samir Chatterjee, "A Taxonomy for RFID", *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2006.
- [4] Jeff Hanson, "An Introduction to RFID Development", April 3, 2006. Disponível em <http://www.devx.com/enterprise/Article/31108/0/page/1>. Acesso em 18/Junho/2008.
- [5] "RFID - Fundamentals & Future". Disponível em <http://www.ida.gov.sg/Infocomm%20Adoption/20061002182723.aspx>. Acesso em 18/Junho/2008.
- [6] *RFID Journal*, "The Basis of RFID Technology". Disponível em <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1337/1/129/>. Acesso em 18/Junho/2008.
- [7] Roy Want, "An Introduction to RFID Technology", 2006, *Pervasive computing, Published by the IEEE CS and IEEE ComSoc*.
- [8] Ron Weinstein, "RFID: A Technical Overview and Its Application to the Enterprise", May|June 2005, *IT Pro, Published by the IEEE Computer*.
- [9] *RFID Journal*, "The History of RFID Technology". Disponível em <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1338/1/129/>. Acesso em 18/Junho/2008.
- [10] *Wikipedia*, "Radio Frequency Identification". Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [11] "All About RFID". Disponível em http://www.webopedia.com/DidYouKnow/Computer_Science/2005/rfid.asp. Acesso em 18/Junho/2008.
- [12] Arthur Gambin Santini, "RFID - Conceitos, Aplicabilidades e Impactos". Disponível em <http://www.santini.com.br/arthur/rfid/>. Acesso em 18/Junho/2008.
- [13] Klaus Finkenzeller, *Rfid Handbook*, capítulo 3, Wiley & Sons LTD , 2003.
- [14] Measurement Specialists, "Load Cell Overview". <http://www.measurespec.com/tips/principles.htm>. Acesso em 26 de Junho de 2008.

- [15] Wikipedia, "Transdutor". Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Transdutor>. Acesso em 26 de Junho de 2008.
- [16] How they work, "The strain gauge". Disponível em:
<http://www.sensorland.com/HowPage002.html>. Acesso em 26 de Junho de 2008.

Outras referências consultadas

- Dorottya Mánik, Lajos Tóth Phd, Petra Döbrösy, "Analysis of RFId Application Through an Automotive Supplier's Production Processes", *3rd International Symposium on Computational Intelligence and Intelligent Informatics - ISCIII*, 2007 IEEE.
- Dane Hamilton, "Improving Inventory Control in a Small-to-Medium Retailer Using RFID", *International Symposium on Communications and Information Technologies - ISCIT*, 2007 IEEE.
- Kin Seong Leong, Mung Leng Ng, Member, IEEE, Alfio R. Grasso, Peter H. Cole, "Synchronization of RFID Readers for Dense RFID Reader Environments", *Proceedings of the International Symposium on Applications and the Internet Workshops*, 2005 IEEE.
- M. Keskilammi, L. Sydänheimo, M. Kivikoski, "Radio Frequency Tecnology for Automated Manufacturing and Logistics Control. Part 1: Passive RFID Systems and the Effects of Antenna Parameters on Operational Distance", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21:769-774, 2003.
- E.W.T Ngai, Karen K.L. Moon, Frederick J. Riggins, Candace Y. Yi, "RFID research: An academic literature review (1995-2005) and future research directions", *international journal of production economics*, 112:510-520, 2007 Elsevier B.V.
- Paul G. Ranky, "An introduction to radio frequency identification (RFID) methods and solutions", *Assembly Automation*, Volume 26 Number 1 28-33, 2006.
- Dong Seong Kim, Taek-Hyun Shin, Jong Sou Park, "A Security Framework in RFID Multi.domain System", *Second International Conference on Availability, Reliability and Security*, 2007 IEEE.
- Yi Zhi ZHAO, Oon Peen GAN, "Distributed Design of RFID Network for Large-Scale RFID Deployment", *International Conference on Industrial Informatics*, 2006 IEEE.